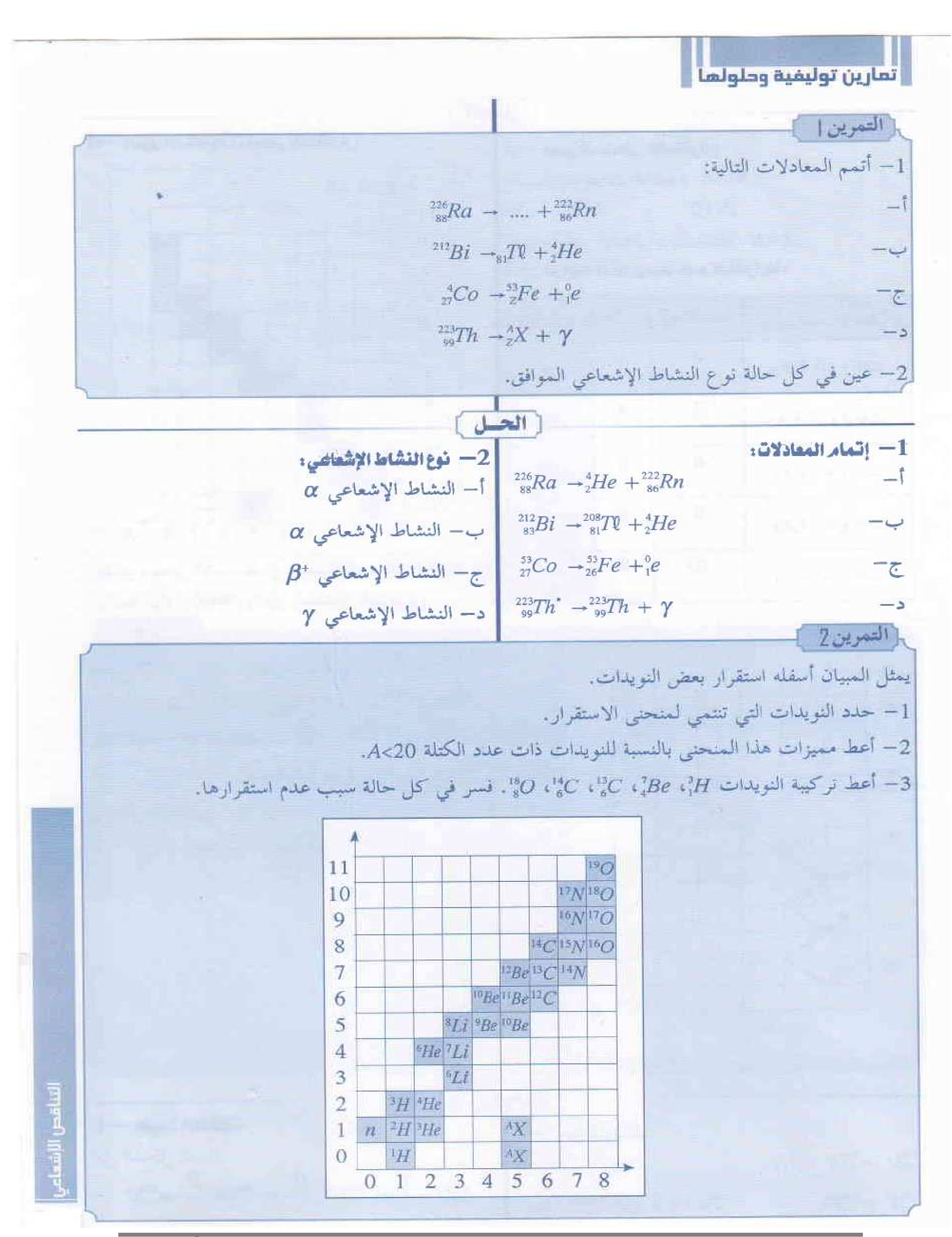
تمارين و حلول: النشاط الإشعاعي



التمرين 1

1– أتمم المعادلات التالية:

أ– $^{226}_{88}Ra \to .... + ^{222}_{86}Rn$

ب– $^{212}Bi \to {}_{81}Tl + ^{4}_{2}He$

ج– $^{4}_{27}Co \to ^{53}_{Z}Fe + ^{0}_{1}e$

د– $^{223}_{99}Th \to ^{A}_{Z}X + \gamma$

2– عين في كل حالة نوع النشاط الإشعاعي الموافق.

الحل

1– إتمام المعادلات:

أ– $^{226}_{88}Ra \to ^{4}_{2}He + ^{222}_{86}Rn$

ب– $^{212}_{83}Bi \to ^{208}_{81}Tl + ^{4}_{2}He$

ج– $^{53}_{27}Co \to ^{53}_{26}Fe + ^{0}_{1}e$

د– $^{223}_{99}Th^{*} \to ^{223}_{99}Th + \gamma$

2– نوع النشاط الإشعاعي:

أ– النشاط الإشعاعي α

ب– النشاط الإشعاعي α

ج– النشاط الإشعاعي β^{+}

د– النشاط الإشعاعي γ

التمرين 2

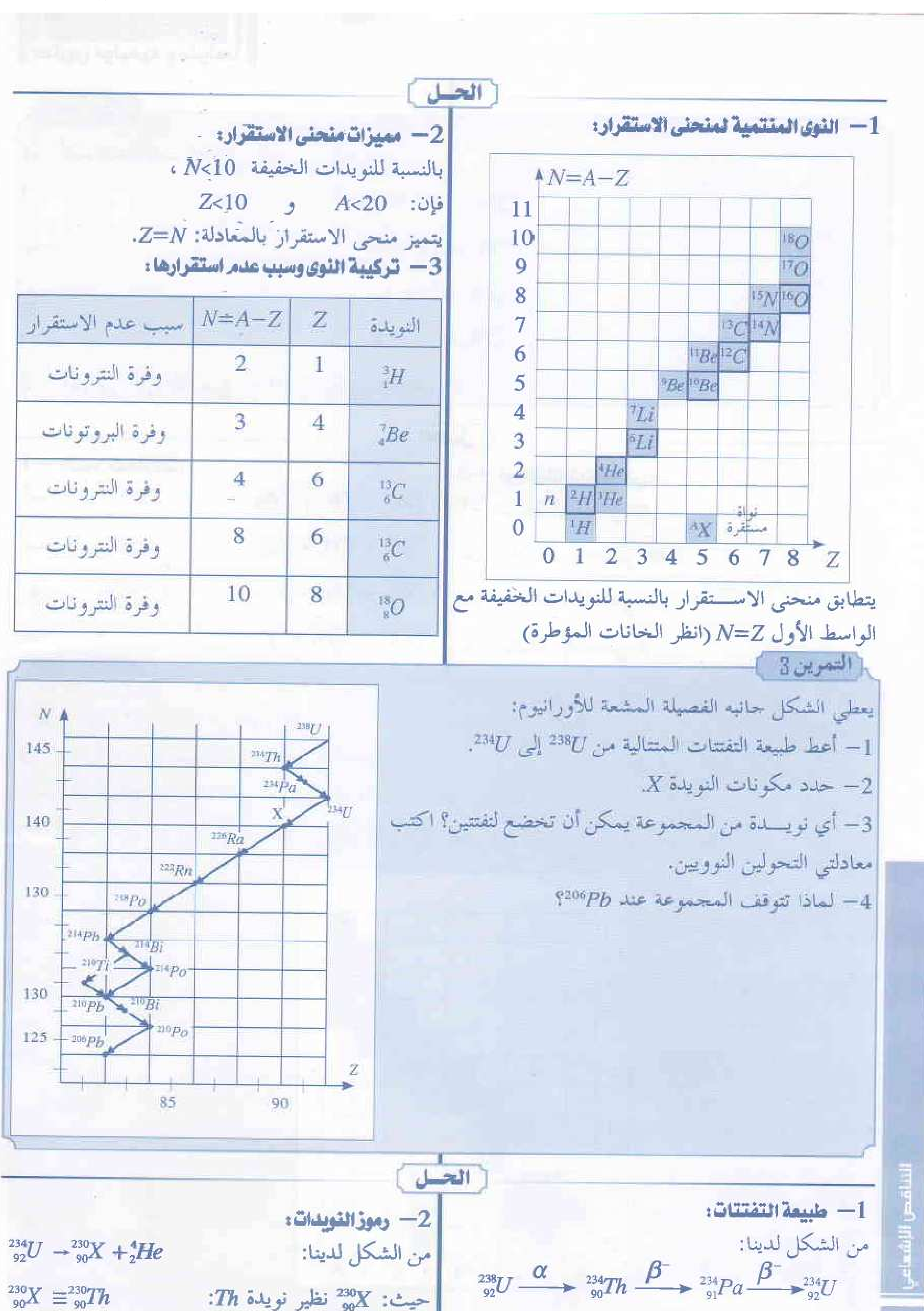
يمثل المبيان أسفله استقرار بعض النويدات.

1– حدد النويدات التي تنتمي لمنحنى الاستقرار.

2– أعط مميزات هذا المنحنى بالنسبة للنويدات ذات عدد الكتلة $A<20$.

3– أعط تركيبة النويدات $^{3}_{1}H$، $^{7}_{4}Be$، $^{13}_{6}C$، $^{14}_{6}C$، $^{18}_{8}O$. فسر في كل حالة سبب عدم استقرارها.

تمارين و حلول: النشاط الإشعاعي



الحـل

1– النوى المنتمية لمنحنى الاستقرار:

يتطابق منحنى الاستقرار بالنسبة للنويدات الخفيفة مع الواسط الأول $N=Z$ (انظر الخانات المؤطرة)

2– مميزات منحنى الاستقرار:

بالنسبة للنويدات الخفيفة $N<10$ ،

فإن: $A<20$ و $Z<10$

يتميز منحنى الاستقرار بالمعادلة: $Z=N$.

3– تركيبة النوى وسبب عدم استقرارها:

النويدة	Z	$N=A-Z$	سبب عدم الاستقرار
$^{3}_{1}H$	1	2	وفرة النترونات
$^{7}_{4}Be$	4	3	وفرة البروتونات
$^{13}_{6}C$	6	4	وفرة النترونات
$^{13}_{6}C$	6	8	وفرة النترونات
$^{18}_{8}O$	8	10	وفرة النترونات

التمرين 3

يعطي الشكل جانبه الفصيلة المشعة للأورانيوم:

1– أعط طبيعة التفتتات المتتالية من ^{238}U إلى ^{234}U.

2– حدد مكونات النويدة X.

3– أي نويـدة من المجموعة يمكن أن تخضع لتفتتين؟ اكتب معادلتي التحولين النوويين.

4– لماذا تتوقف المجموعة عند ^{206}Pb؟

الحـل

1– طبيعة التفتتات:

من الشكل لدينا:

$$^{238}_{92}U \xrightarrow{\alpha} {}^{234}_{90}Th \xrightarrow{\beta^-} {}^{234}_{91}Pa \xrightarrow{\beta^-} {}^{234}_{92}U$$

2– رموز النويدات:

من الشكل لدينا:

$$^{234}_{92}U \to {}^{230}_{90}X + {}^{4}_{2}He$$

حيث: $^{230}_{90}X$ نظير نويدة Th:

$$^{230}_{90}X \equiv {}^{230}_{90}Th$$

3– تحديد النويدة الخاضعة لتفتتين:

من المبيان يتبين أن ^{214}Bi يمكن أن تخضع لتفتتين معادلتاهما كالتالي:

$^{214}_{83}Bi \rightarrow ^{210}_{81}Tl + ^{4}_{2}He$ نشاط إشعاعي α

$^{214}_{83}Bi \rightarrow ^{214}_{84}Po + ^{0}_{-1}e$ نشاط إشعاعي β^-

4– سبب توقف المجموعة:

توقف المجموعة عند $^{206}_{82}Pb$ لكون هذه النويدة تتميز بالاستقرار.

التمرين 4

البلوتونيوم $^{238}_{94}Pu$ نويدة ثقيلة غير مستقرة.

1– أعط تركيبة نويدة البلوتونيوم.

2– تتفتت النويدة ^{238}Pu بالإشعاع α:

1.2– أعط مكونات الدقيقة α.

2.2– اكتب معادلة التفتت، وأعط رمز النويدة المتولدة.

نعطي: $_{84}Po$ ؛ $_{85}At$ ؛ $_{86}Rn$ ؛ $_{87}Fr$ ؛ $_{88}Ra$ ؛ $_{89}Ac$ ؛ $_{99}Th$ ؛ $_{91}Pu$ ؛ $_{92}U$

الحل

1– تركيبة نويدة البلوتونيوم:

تحتوي على:

$Z=94$ بروتون

$N=104$ نوترون

1.2– مميزات الدقيقة α:

تمثل الدقيقة α نويدة الهيليوم $^{4}_{2}He$، وتتكون من بروتونين ونوترونين.

2.2– معادلة التفتت:

$^{238}_{94}Pu \rightarrow ^{234}_{92}X + ^{4}_{2}He$

النويدة X لها عدد شحنة $Z=92$ وتوافق عنصر الأورانيوم $^{234}_{92}U$.

التمرين 5

يمثل المنحنى جانبه تطور النشاط الإشعاعي بدلالة الزمن لعينة من اليود 131، وهو إشعاعي النشاط من طراز β^-.

1– ماذا يمثل النشاط الإشعاعي؟ وما وحدته؟

2– عين ثابتة الزمن τ، واستنتج ثابتة الإشعاع λ وعمر النصف $t_{1/2}$ لهذه العينة.

3– حدد النشاط الإشعاعي البدئي a_0 واستنتج N_0 عدد النويدات البدئية.

4– أعط تعبير $a(t)$، وتعبير $N(t)$ بدلالة t و a_0 و τ.

5– احسب a و N عند التاريخ $t=1an$. ماذا تستنتج؟

الحل

1– تعريف ووحدة النشاط الإشعاعي:

يعبر النشاط الإشعاعي عن سرعة التفتت، ويمثل عدد التفتتات في الثانية.

وحدته هي البيكريل، رمزها Bq.

2– تعيين τ:

مبيانيا: $\tau = 11,7J$

$\tau = 11,7 \times 24 \times 3600$

أي إن: $\tau = 1,0.10^6 s$

- استنتاج λ:

نعلم أن: $\lambda = \frac{1}{\tau}$

ت ع: $\lambda = \frac{1}{1,0.10^6}$

أي إن: $\lambda = 9,9.10^{-7}s^{-1}$

- استنتاج عمر النصف:

نعلم أن: $t_{1/2} = \tau \ln 2$

ت ع: $t_{1/2} = 1,0.10^6.\ln 2 = 7,0.10^6 s$

3- تعيين a_0:

مبيانيا عند اللحظة $t=0$ فإن: $a_0=10^6Bq$

استنتاج N_0:

نعلم أن: $a_0 = \lambda N_0$ إذن: $N_0 = \frac{a_0}{\lambda}$

ت ع: $N_0 = \frac{10^6}{9,9.10^{-7}}$، ومنه: $N_0 = 10^{12}$ نويدات

4- تعبير $a(t)$ و $N(t)$:

نعلم أن: $N(t) = N_0 e^{-\frac{t}{\tau}}$

مع: $N_0 = \frac{a_0}{\lambda} = a_0.\tau$

إذن: $N(t) = a_0.\tau.e^{-\frac{t}{\tau}}$

5- حساب a و N عند t-1an:

لدينا: $a = a_0 e^{-\frac{t}{\tau}}$

ت ع: $a = 10^6 e^{-\frac{365}{11,7}}$

$a = 2,8.10^{-8}Bq$

ولدينا: $N = a_0 \tau e^{-\frac{t}{\tau}}$

ت ع: $N = 10^6.1,0.10^6 e^{-\frac{365}{11,7}}$

$N=2,8.10^{-2}<1$ نويدة

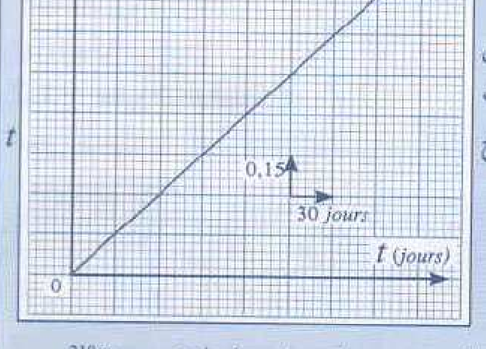
استنتاج: بعد مرور سنة يختفي اليود 131 من جسم المريض.

التمرين 6

يتفتت البولونيوم $^{210}_{84}Po$ ليعطي الرصاص $^{206}_{82}Pb$:

1- اكتب معادلة هذا التفاعل.

2- نتوفر على عينة تحتوي على العدد $N_0=2,00.10^{20}$ من نويدات البولونيوم $^{210}_{84}Po$ عند التاريخ $t=0$، نحدد عدد النويدات N غير المتفتتة عند التاريخ t، ونمثل تغيرات $Ln\frac{N_0}{N}$ بدلالة التاريخ فنحصل على المبيان الممثل في الشكل جانبه.



1.2- ذكر بقانون التفتت الطبيعي أو قانون التناقص الإشعاعي.

2.2- بين أن $\ln\left(\frac{N_0}{N}\right)$ يتناسب اطرادا مع التاريخ t

3.2- حدد مبيانيا الثابتة الإشعاعية λ للتفاعل السابق واستنتج عمر النصف $t_{1/2}$ لنويدات البولونيوم $^{210}_{84}Po$

4.2- احسب عدد النويدات المختفية عند اللحظة $t=60j$ من عينة عدد نويداتها عند أصل التواريخ هو $N_0=2.10^{20}$.

الحل

1- معادلة التفاعل:

$^{210}_{84}Po \rightarrow ^{206}_{82}Pb + ^4_2He$

1.2- قانون التفتت الطبيعي:

حسب قانون التفتت الطبيعي، يتناقص عدد نويدات عينة مشعة بدلالة الزمن وفق العلاقة التالية: $N = N_0 e^{-\lambda t}$

حيث: N_0: عدد نويدات العينة عند اللحظة $t=0$

N: عدد نويدات العينة عند اللحظة t

λ: الثابتة الاشعاعية للتفتت.

2.2- اثبات العلاقة:

لدينا: $N = N_0.e^{-\lambda t}$

إذن: $\frac{N}{N_0} = e^{-\lambda t}$ أو $\frac{N_0}{N} = e^{\lambda t}$

باستعمال الدالة $\ln$ نكتب: $\ln\left(\frac{N_0}{N}\right) = \ln(e^{+\lambda t})$

وباستعمال الخاصية $Lne^x = x$، لدينا: $Ln\left(\frac{N_0}{N}\right) = \lambda.t$

إذن: $Ln\left(\frac{N_0}{N}\right) = f(t)$ عبارة عن دالة خطية

3.2– تحديد λ و $t_{1/2}$:

يمثل λ المعامل الموجه a لمنحنى الدالة $Ln\left(\frac{N_0}{N}\right) = f(t)$

مبيانيا: $a = \frac{\Delta Ln\left(\frac{N_0}{N}\right)}{\Delta t}$

$a = \frac{0.15}{30} = 5.10^{-3}j^{-1}$

استنتاج $t_{1/2}$:

نعلم أن: $t_{1/2} = \frac{Ln2}{\lambda}$

$t_{1/2} = \frac{Ln2}{5.10^{-3}}$

$t_{1/2} = 138j$

4.2– تحديد عدد النويدات المختفية:

لدينا انطلاقاً من المبيان، عند $t=60j$

$Log\frac{N_0}{N} = 0,3$

إذن: $\frac{N_0}{N} = e^{0,3}$

عدد النويدات المتبقية في العينة عند هذه اللحظة هو:

$N=N_o.e^{-0,3}$

إذن عدد النويدات المختفية هو: $N'=N_o-N$

$N'=N_o-N_oe^{-0,3}$

$N'=N_o(1-e^{-0,3})$

$N'=2.10^{20}(1-e^{-0,3})$

$N' \simeq 5.10^{19}$

التمرين 7

يوجد الكربون 14 النظير المشع للكربون 12 بنسبة ثابتة في الجو وفي الكائنات الحية. تمتص النباتات ثنائي أوكسيد الكربون الذي يحتوي على ^{12}C وعلى ^{14}C. عند موت هذه الكائنات يتوقف الامتصاص ويبدأ ^{14}C في التفتت حيث نصف عمره $t_{1/2}= 5730ans$.

تساوي نسبة الكربون ^{14}C إلى نسبة ^{12}C في عينة من الخشب، القيمة $r_0=10^{-12}$،

وتتغير هذه النسبة مع مرور الزمن حسب المعادلة التالية: $r = r_0e^{-\lambda t}$.

أدى قياس هذه النسبة في موقع أثري لتمثال من خشب إلى النتيجة: $r=0,2.10^{-12}$.

1– فسر بإيجاز مبدأ التأريخ بالكربون 14.

2– اكتب معادلة تفتت الكربون 14 الإشعاعي النشاط من طراز β^-، علما أن العنصر الذي يوافق عدد الشحنة $Z=7$ هو الأزوت.

3– أعط قيمة النسبة r بعد مرور $5730ans$، ثم بعد مرور $11460ans$.

4– حدد عمر التمثال الخشبي.

الحل

1– مبدأ التأريخ:

تبقى نسبة ^{14}C إلى ^{12}C ثابتة مادامت النباتات أو الكائنات حية. وبمجرد موتها يبقى عدد ^{12}C ثابتا، ويتناقص عدد نويدات ^{14}C وفق قانون التناقص الإشعاعي: $N = N_0e^{-\lambda t}$

2– معادلة التفاعل:

$$^{14}_{6}C \rightarrow ^{0}_{-1}e + ^{14}_{7}N^*$$

يرافق هذا التفتت انبعاث إشعاعات γ. (فوتونات).

3– قيمة النسبة r:

اللحظة $t=5730\ ans$ توافق عمر النصف $t_{1/2}$.

عند هذه اللحظة يتناقص إذن عدد نويدات ^{14}C بالنصف $t_{1/2}$.

وبالتالي: $r = \frac{r_0}{2} = 0,5.10^{-12}$

– عند $t=11460ans$ فإن: $t=2t_{1/2}$

إذن: $r = \frac{r_0}{4} = 0,25.10^{-12}$

4– تحديد تاريخ التمثال:

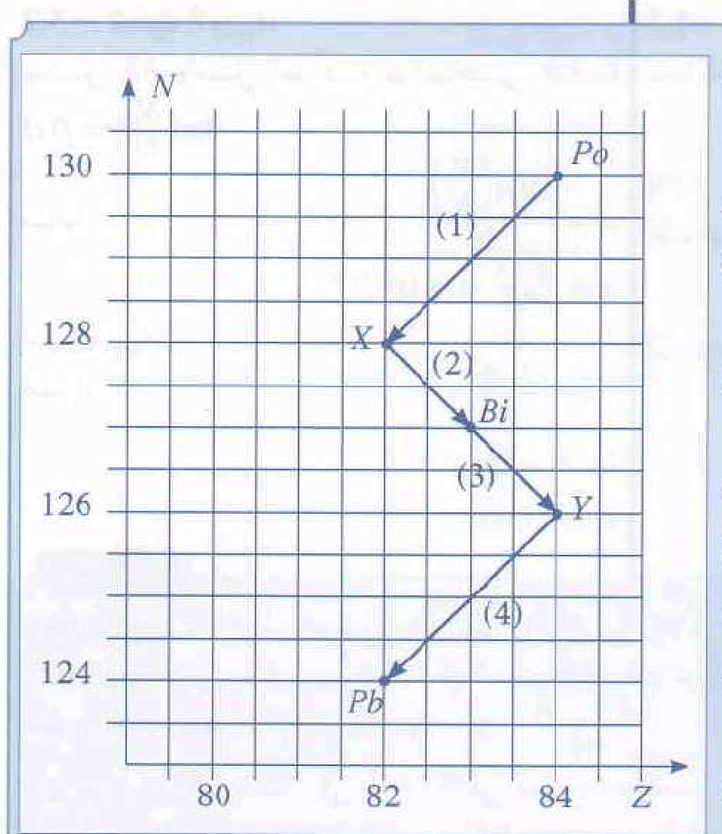
النسبة: $r=0,2.10^{-12}$ توافق التاريخ: $t=2,3.t_{1/2}$

إذن عمر التمثال هو: $t \approx 13200ans$

التناقص الإشعاعي

تمارين و حلول: النشاط الإشعاعي

التمرين 8



يعطـــي المخطط على الوثيقـــة جانبه النويدات الأخيرة من الفصيلة المشعة للأورانيوم 238.

1– باعتمادك على المخطط، حدد العدد الذري Z، وعدد الكتلة A للنويدتين X وY، واســـتنتج رمز العنصر الذي تنتمي إليه كل نويدة.

2– اكتب معادلتي التفتتين (3) و(4) واستنتج نوع إشعاع كل منهما.

3– نتوفر على عينة من الأورانيوم 238، كتلتها m_0 عند اللحظة $t=0$. عنـــد لحظة تاريخها t تكون الكتلة المتبقية من الأورانيوم 238 هي m

1.3– أوجد تعبير الثابتة λ بدلالة عمر النصف $t_{1/2}$.

2.3– في أي تاريخ تكون كتلة الأورانيوم 238 المتبقية من العينة هي $m_0/10$.

نعطي: $t_{1/2}=4,5.10^9 ans$

الحـل

1– تحديد Z وA:

– بالنسبة للنويدة X

مبيانيا: $Z=82$ و $A=82+128$

$A=210$

ومنه: $^{210}_{82}X$ نظير عنصر Pb الرصاص

– بالنسبة للنويدة Y

مبيانيا: $Z=84$ و $84+A=126$

$A=210$

ومنه $^{210}_{84}Y$ نظير عنصر Po البولونيوم.

2– معادلتا التفتتين:

المعادلة (3): $^{210}_{83}Bi \rightarrow ^{210}_{84}Po + ^{0}_{-1}e$

نوع الإشعاع: β^-

المعادلة (4): $^{210}_{84}Po \rightarrow ^{206}_{82}Pb + ^{4}_{2}He$

نوع الإشعاع: α.

1.3– تعبير λ:

نعلم أن: $m = m_0 e^{-\lambda t}$

عند اللحظة $t=t_{1/2}$ عمر النصف، فإن: $m = \frac{m_0}{2}$

إذن: $\frac{m_0}{2} = m_0 e^{-\lambda t_{1/2}}$، إذن: $\frac{1}{2} = e^{-\lambda t_{1/2}}$

ومنه نجد: $\lambda = \frac{\ell n2}{t_{1/2}}$

2.3– تعيين التاريخ t_1 حيث $m = \frac{m_0}{10}$:

لدينا: $m = \frac{m_0}{10} = m_0 e^{-\lambda t_1}$

إذن: $\frac{1}{10} = e^{-\lambda t_1}$

ومنه: $-\lambda t_1 = \ell n\frac{1}{10}$، أي: $\lambda t_1 = \ell n10$

$t_1 = \frac{\ell n10}{\ell n2}.t_{1/2}$

ت ع: $t_1 = 1,49.10^{10} ans$

التمرين 9

نعتبر عينة من الراديوم $^{226}_{88}Ra$ كتلتها $m_0=4mg$، وهي إشعاعية النشاط α.

1– عرف النشاط الإشعاعي α.

2– اكتب معادلة تفتت $^{226}_{88}Ra$، وحدد تركيب ورمز النويدة المتولدة.

3– عرف عمر النصف لنويدة مشعة.

4– احسب عدد ذرات الراديوم الموجودة في العينة السابقة.

5– احسب عمر النصف $t_{1/2}$ بالسنين.

6– احسب نشاط العينة بعد مرور 3200 سنة.

المعطيات: $m_0=4mg$ $\lambda = 1,37.10^{-11}s^{-1}$ $_{87}Fr$ $_{85}At$ $_{84}Po$ $_{86}Rn$

الكتلة النووية للراديوم: $226,0254u$ ، $1an= 365,25jours$ ، $1u= 1,66.10^{-27}\ kg$ ، $c=3.10^8m/s$

الحل

1– النشاط الإشعاعي α:

النشاط الإشعاعي ظاهرة نووية طبيعية وتلقائية، تتحول خلالها نويدة إلى نويدة متولدة بعث نويدة الهيليوم ^4_2He التي تسمى الدقيقة α.

2– معادلة تفتت الراديوم:

$$^{226}_{88}Ra \rightarrow ^4_2He + ^{222}_{86}Y$$

بمقارنة العدد الذري للنويدة المتولدة مع الأعداد الذرية للنويدات المعطاة، يتبين أن النويدة المتولدة هي نويدة الرادون $^{222}_{86}Rn$

3– عمر النصف لنويدة الراديوم:

هو المدة الزمنية $t_{1/2}$ اللازمة لتفتت نصف نويدات الراديوم.

4– عدد ذرات الراديوم الموجودة في العينة:

كتلة الراديوم المستعمل هي: $m_0=4mg=4.10^{-6}kg$

أو: $m_0 = \dfrac{4.10^{-6}}{1,66.10^{-27}} \simeq 2,41.10^{21}u$

إذن عدد ذرات الراديوم الموجودة في العينة هو:

$$N_0 = \frac{m_0}{m(Ra)} = \frac{2,41.10^{21}}{226,0254}$$

أي إن: $N_0 \approx 1,066.10^{19}$

5– عمر النصف بالسنين:

نستعمل العلاقة: $t_{1/2} = \dfrac{Ln2}{\lambda}$

ت ع: $t_{1/2} = \dfrac{Ln2}{1,37.10^{-11}}$

أي إن: $t_{1/2}=5,06.10^{10}s$

وبعدد السنين: $t_{1/2} = \dfrac{5,06.10^{10}}{365,25.24.3600}$

أي إن: $t_{1/2} \approx 1604\ ans$

6– نشاط العينة بعد مرور 3200 سنة:

نحسب أولا عدد الذرات المتبقية بعد مرور 3200 سنة: $N = N_0e^{-\lambda t}$

ت ع: $\dfrac{N}{N_0} = e^{-\lambda t} = e^{-\frac{t}{t_{1/2}}Ln2} = 0,25$

أي إن: $N \approx 2,675.10^{18}$

لنحسب الآن قيمة نشاط العينة المشعة باستعمال العلاقة التالية: $a = \lambda.N$

ت ع: $a=1,37.10^{-11}.2,675.10^{18}$

أي إن: $a \approx 3,665.10^7Bq$

التمرين 10

يتوفر الكربون الذي يدخل في تركيب المواد العضوية على نسبة قليلة من النويدات المشعة $^{14}_6C$ التي يؤدي تفتتها إلى انبعاث الإشعاع β^-.

1– اكتب معادلة التفاعل النووي لتفتت الكربون $^{14}_6C$، محددا عدد الشحنة Z وعدد الكتلة A للنويدة المتولدة Y.

2– عين النويدة المتولدة Y من بين النويدات التالية: $_4Be$, $_5B$, $_6C$, $_7N$, $_8O$.

3– يعبر بالعلاقة $N(t) = N_0e^{-\lambda t}$ عن عدد النويدات المشعة الموجودة في اللحظة التي تاريخها t، حيث N_0 هو عدد النويدات عند اللحظ $t=0$.

1.3– عمـــر النصف للكربون $^{14}_{6}C$، هو $t_{1/2}=5,5.10^3ans$. إذا كانت m_0 هي كتلة الكربون الموجودة في عينة مـــن مادة عضوية معزولة عند اللحظة التي تاريخها $t=0$، أوجد بدلالة m_0 كتلة الكربون $^{14}_{6}C$ الموجودة في هذه العينة العضوية عند اللحظة $t_1=2t_{1/2}$.

2.3– في أي تاريخ تكون النسبة $\frac{m}{m_0} = 0,79$.

4– تمتـــص النباتات الحية الكربون الموجود في الغلاف الجوي، وعنـــد موتها يتوقف تطور هذا الامتصاص. تعطي عينة من خشب جد قديم 197 تفتت في الدقيقة. وتعطي عينة من خشب قريب العهد، لها نفس كتلة العينة السابقة 1350 تفتت في الدقيقة.

ما عمر الخشب القديم؟

الحـل

1– معادلة التفاعل النووي:

من المعلوم أن الدقائق β^- هي إلكترونات.

$$^{14}_{6}C \rightarrow {}^{0}_{-1}e + {}^{A}_{Z}Y$$

نستنتج قيمتي A و Z :

$Z=7$ و $A=14$

2– تعيين النويدة:

النويدة المتولدة هي نويدة الأزوت: $^{14}_{7}N$

1.3– كتلة الكربون الموجودة في العينة عند $t=2t_{1/2}$:

باستعمال العلاقة: $m = m_0e^{-\lambda t}$

حيـــث: m_0 هي كتلة الكربون الموجودة في العينة عند $t=0$.

وعلما أن: $\lambda = \frac{Ln\,2}{t_{1/2}}$

نجد أنه عند $t=2t_{1/2}$: $m = m_0e^{-\frac{Ln\,2}{t_{1/2}}.2t_{1/2}}$

إذن: $m = m_0e^{-2Ln2} = 0,25m_0$

2.3– تاريخ تكون النسبة $\frac{m}{m_0} = 0,79$:

بتطبيق نفس العلاقة: $m = m_0e^{-\lambda t}$

نتوصل إلى: $\frac{m}{m_0} = 0,79 = e^{-\frac{Ln\,2}{t_{1/2}}t}$

ومن ثَم نستخرج: $Ln0,79 = -\frac{Ln\,2}{t_{1/2}}.t$

أي إن: $t = -\frac{t_{1/2}.Ln0,79}{Ln\,2}$

ت ع: $t = -\frac{5,5.10^3.Ln0,79}{Ln\,2}$

أي إن: $t \approx 1870ans$

4– عمر الخشب القديم:

نعبر عن نشاط عينة مشعة بالمقدار $a = -\frac{dN}{dt}$ ويمثل عدد التفتات في الثانية.

وحيث إن: $N = N_0e^{-\lambda t}$

نستنتج أن: $a = \lambda N$

ومن ثَم: $a = \lambda N_0e^{-\lambda t}$

بالنسبة للخشب الحديث نكتب: $(1)\ a_1 = \lambda N_0e^{-\lambda t_1}$

بالنسبة للخشب القديم نكتب: $(2)\ a_2 = \lambda N_0e^{-\lambda t_2}$

علما أن للعينتين نفس الكتلة. يعطي الحاصل $\frac{(1)}{(2)}$:

$$\frac{a_1}{a_2} = e^{-\lambda(t_1-t_2)}$$

ومنه نستنتج أن: $\Delta t = (t_2 - t_1) = \frac{\ln\frac{a_1}{a_2}}{\lambda}$

ت ع: $\Delta t = \frac{Ln\frac{1350}{197}}{Ln\,2}.5,5.10^3$

أي إن: $\Delta t = 15\,272ans$



تمارين و حلول: النشاط الإشعاعي

التمرين 11

تتوفر عند اللحظة $t=0$ على كتلة من نظير الصوديوم $^{24}_{11}Na$ المشع.

تبين الوثيقة جانبه تغير عدد النويدات $^{24}_{11}Na$ غير المتفتتة بدلالة الزمن.

N

10^{20} noyaux

5(heures)

t(h)

1– حدد عدد كل من النوترونات وعدد البروتونات الموجودة في النويدة $^{24}_{11}Na$.

2– حدد m_0 كتلة العينة عند اللحظة التي تاريخها $t=0$.

3– تتحول النويدة $^{24}_{11}Na$ إثر التفتت β^-، إلى نويدة أخرى متولدة.

1.3– اكتب معادلة هذا التفتت.

2.3– هل يمكن أن يكون للنويدة $^{24}_{11}Na$ نشاط إشعاعي α؟ علل جوابك.

1.4– عرف عمر النصف لنويدة مشعة، وحدد قيمته بالنسبة للنويدة $^{24}_{11}Na$.

2.4– احسب كتلة النويدات $^{24}_{11}Na$ المتبقية في اللحظة التي تاريخها $t=45h$.

3.4– أوجد نشاط العينة المشعة عند اللحظة التي تاريخها $t=45h$.

نعطي: ثابتة أفوكادرو: $N_A=6.10^{23}mol^{-1}$ ، $M(^{23}_{11}Na)=24g.mol^{-1}$ ، $^{24}_{11}Na$ ، $^{24}_{12}Mg$ ، $^{20}_{10}Ne$ ، $^{27}_{13}Al$

الحل

1– تحديد عدد النوترونات والبروتونات:

من خلال رمز النويدة $^{24}_{11}Na$ يتبين أن عدد البروتونات هو: 11

وعدد النوترونات هو: (11–24)، أي: 13.

2– حساب m_0:

اعتمادا على الوثيقة يتبين أن عدد النويدات عند $t=0$ هو $N_0=10^{21}$، وبما أن عدد النويدات الموجودة في مول واحد من نظير الصوديوم $^{24}_{11}Na$ (أي في 24g) هو $N_A=6.10^{23}$، فإننا نكتب: $m_0=M(^{24}_{11}Na).\frac{N_0}{N_A}$

ت ع: $m_0=\frac{24.10^{21}}{6.10^{23}}=4.10^{-2}g$

$m_0=4.10^{-2}g$

1.3– كتابة معادلة التفتت:

– الإشعاع β^- هو تحول نووي طبيعي وتلقائي، تتحول إثره النويدة الأصلية إلى نويدة متولدة ببعث الدقيقة β^- (إلكترون)

– وتكتب معادلة هذا التفتت على الشكل التالي:

$^{24}_{11}Na \rightarrow ^{24}_{12}Mg + ^{0}_{-1}e$

2.3– تعليل:

النشاط الإشعاعي α يميز، بصفة عامة، النويدات الثقيلة التي عدد نوياتها يقارب 200.

النويدة $^{24}_{11}Na$ لا يمكن أن تخضع إذن للنشاط الإشعاعي α.

1.4– تعريف عمر النصف:

الدور الإشعاعي هو المدة الزمنية $t_{1/2}$ اللازمة لتفتت نصف نويدات العينة.

– قيمة $t_{1/2}$ بالنسبة $^{24}_{11}Na$:

عند اللحظة $t_{1/2}$ يتبقى $\frac{N_0}{2}=\frac{10^{21}}{2}$، أي (نويدات) 5.10^{20}،

إذن اللحظة المقابلة لهذا العدد على الوثيقة هي $t_{1/2}=15h$.

2.4– حساب كتلة النوى $^{24}_{11}Na$ المتبقية:

اعتمادا على الوثيقة مرة أخرى نجد أن عدد النويدات المتبقية عند $t=45h$ هو $N=1,2.10^{20}$. إذن كتلة هذه النويدات هي: $m=(^{24}_{11}Na).\frac{N}{N_A}$

ت ع: $m=24\frac{1,2.10^{20}}{6.10^{23}}=4,8mg$

3.4– نشاط العينة:

نعلم أن: $a = \lambda.N$

بحيث: $\lambda = \frac{Ln\,2}{t_{1/2}}$

إذن: $a = \frac{Ln\,2}{t_{1/2}}.N$

ت ع: $a = \frac{0,693}{15.36.10^2}.1,2.10^{20}$

أي إن: $a \approx 1,54.10^{15}.Bq$

التمرين 12

في سنة 1934 تمكن إيرين وفريدريك جوليو كوري من إنتاج أول نويدة إشعاعية اصطناعية، وذلك بقذف نويدات الألومنيوم $^{27}_{13}Al$ بالدقائق α

1– علماً أن التفاعل النووي يحرر أيضاً نوتروناً، أوجد رمز النويدة الإشعاعية الاصطناعية.

نعطي: $_{18}Ar$ ، $_{17}Cl$ ، $_{16}S$ ، $_{15}P$ ، $_{14}Si$ ، $_{13}Al$ ، $_{12}Mg$ ، $_{11}Na$

2– تتفتت النويدة الاصطناعية السابقة ببعث دقيقة β^+

1.2– اكتب معادلة التفتت لهذه النويدة

2.2– نعتبر عينة من هذه النويدات تحتوي عند لحظة $t=0$ على N_o نويدة، بين أن عدد النويدات N المتبقية في العينة عند لحظة t يمكن أن يكتب كالتالي: $N = \frac{N_o}{2^n}$

حيث إن: $n = \frac{t}{t_{1/2}}$ و $t_{1/2}$ عمر النصف للنويدة المشعة.

3.2– احسب N في كل من الحالات التالية: $t_3=20mn$ ، $t_1=5mn$ ، $t_2=10mn$

نعطي: $t_{1/2}=2,5mn$ ، $N_o=10^{18}$

الحل

1– تحديد النويدة المتولدة:

تنتج النويدة المتولدة عن تفاعل اصطناعي حيث يتم قذف النويدة $^{27}_{13}Al$ بدقيقة α (^4_2He)، وينتج عن ذلك النويدة ^A_ZY ونوترون: ^1_0n

معادلة هذا التفاعل هي: $^{27}_{13}Al + ^4_2He \rightarrow ^A_ZX + ^1_0n$

باستعمال قوانين الانحفاظ نستنتج Z وA:

$$\begin{cases} 27+4=A+1 \\ 13+2=Z+0 \end{cases}$$

ومنه:

$$\begin{cases} A=30 \\ Z=15 \end{cases}$$

إذن النويدة المتولدة هي: $^{30}_{15}P$

1.2– معادلة تفتت النويدة $^{30}_{15}P$:

بما أن النويدة $^{30}_{15}P$ نشيطة إشعاعياً ونوع نشاطها هو β^+ فإن معادلة تفتتها تكتب كالتالي: $^{30}_{15}P \rightarrow ^{30}_{14}Si + ^0_{+1}e$

2.2– إثبات العلاقة $N = \frac{N_o}{2^n}$:

لدينا حسب قانون التفتت الطبيعي: $N = N_o.e^{-\lambda t}$

$N = N_o e^{-\frac{Ln2}{t_{1/2}}t} = N_o\, e^{-\frac{t}{t_{1/2}}Ln2}$

نضع: $\frac{t}{t_{1/2}} = n$ ، $N=N_o e^{-nLn2}$

$N = \frac{N_o}{e^{nLn2}}$

نستعمل الخاصية: $e^{nLnb} = e^{Ln(b)^n}$

إذن: $N = \frac{N_o}{e^{Ln(2)^n}}$

ونستعمل الخاصية: $e^{Ln(x)}=x$

إذن: $N = \frac{N_o}{2^n}$

3.2– حساب N:

عند اللحظة t_1: $n_1 = \frac{t_1}{t_{1/2}} = \frac{5}{5} = 1$

$N_1 = \frac{N_o}{2^1} = \frac{N_o}{2} = 5.10^{17}$

عند اللحظة t_2: $n_2 = \frac{t_2}{t_{1/2}} = \frac{10}{5} = 2$

إذن: $N_2 = \frac{N_o}{2^2} = \frac{N_o}{4} = 2,5.10^{17}$

عند اللحظة t_3: $t_3=4t_{1/2}$

$N_3 = \frac{N_o}{2^4}$

$N_3 = \frac{10^{18}}{16} = 6,25.10^{16}$

التمرين 13

نتوفر عند اللحظة $t=0$ على عينة مشعة للبلونيوم $^{210}_{84}Po$ كتلتها $m_0=3,5mg$.

1- اعط تركيب نويدة البلونيوم $^{210}_{84}Po$.

2- أوجد عند اللحظة $t=0$ عدد الذرات N_0 للبلونيوم $^{210}_{84}Po$ في العينة.

3- احسب a_0 نشاط العينة عند اللحظة $t=0$.

نعطي: $t_{1/2}=138jours$ عمر النصف لـ $^{210}_{84}Po$.

4- أثناء تفتت نويدة البلونيوم $^{210}_{84}Po$، تنبعث منها دقيقة α.

1.4- اكتب معادلة التفتت، محددا عدد الشحنة Z، الكتلة A للنويدة المتولدة $^{A}_{Z}X$. تعرّف هذه الأخيرة مستعينا بالجدول أسفله.

$_{82}Pb$	$_{83}Bi$	$_{84}Po$	$_{85}At$	$_{86}Rn$

2.4- احسب الكتلة المتبقية من العينة بعد مرور 80 يوما.

3.4- احسب المدة اللازمة لاختفاء النسبة 25% من العينة.

4.4- احسب المدة الزمنية الدنوية لاختفاء آخر نويدة من نويدات العينة.

نعطي: $M(Po)=210g.mol^{-1}$ ؛ $\mathcal{N}_A \simeq 6.10^{23}mol^{-1}$

الحل

1- تركيب $^{210}_{84}Po$:

تتكون هذه النويدة من 84 بروتونا و$126=(210-84)$ من النوترونات.

2- عدد الذرات N_0:

يكون عدد الذرات مساويا لعدد النويدات.

وباعتبار أن كتلة الإلكترونات مهملة، فإن كتلة النويدة هي تقريبا كتلة الذرة.

لدينا العلاقة:

$$\frac{m(\text{العينة})}{M(\text{مول})} = \frac{\text{عدد نوى العينة}}{\text{عدد نوى مول واحد}}$$

أي إن: $\frac{m}{M} = \frac{N}{\mathcal{N}_A}$

عند $t=0$: $N_0 = \frac{\mathcal{N}_A}{M}.m_0$

$$N_0 = \frac{6,02.10^{23}}{210}.3,5.10^{-3}$$

$$N_0 \simeq 1.10^{19} noyaux$$

3- حساب a_0:

تعبير النشاط a لعينة عدد نواها N هو:

$$a(t) = \lambda.N(t)$$

عند t_0: $a_0 = \lambda.N_0$

$$a_0 = \frac{Ln2}{t_{1/2}}.N_0$$

$t_{1/2}=138jours=138.24h$

$=138.24.3600s=1,19.10^7s$

$$a_0 = \frac{0,69}{1,19.10^7}.10^{19} = 5,8.10^{13}Bq$$

1.4- معادلة التفاعل:

$$^{210}_{84}Po \rightarrow ^{4}_{2}He + ^{206}_{82}X$$

حسب المعطيات، تكون النويدة المتولدة X هي $^{206}_{82}Pb$

2.4- حساب الكتلة المتبقية:

نعبر عن الكتلة المتبقية في العينة عند لحظة t، حسب قانون التناقص الإشعاعي كالتالي: $m(t) = m_0.e^{-\lambda t}$

بعد 80 يوما: $m = m_0.e^{-\frac{Ln2}{t_{1/2}}.t}$

$$m = 3,5.e^{-Ln2.\frac{80}{138}}$$

$$m=3,5.e^{-0,4}=2,34mg$$

3.4- حساب المدة:

حسب قانون التناقص الإشعاعي: $m = m_0.e^{-\lambda t}$

إذا اختفى 25% من العينة فإن الكتلة المتبقية تمثل عند نفس اللحظة: $m=75\%$

يعني أن: $m=0,75.m_0$

وبالتالي:

$$0,75m_0 = m_0.e^{-\lambda t}$$

أو

$$\frac{3}{4}m_0 = m_0.e^{-\lambda t}$$

$$\frac{3}{4} = e^{-\lambda t}$$

$$Ln\frac{3}{4} = -\lambda t = -\frac{Ln2}{t_{1/2}}.t$$

$$t = -\frac{Ln\frac{3}{4}}{Ln2}.t_{1/2}$$

t=0,4169.138=57,5$jours$

4.4- المدة الدنوية:

لنعين المدة t_1 اللازمة لكي يتبقى في العينة نويدة واحدة

$$N = N_0.e^{-\lambda t_1}$$

$$1 = N_0.e^{-\lambda t_1}$$

$$e^{-\lambda t_1} = \frac{1}{N_0}$$

$$e^{\lambda t_1} = N_0$$

$$t_1 = \frac{1}{\lambda}LnN_0$$

المدة الدنوية t_m للحصول على تفتت هذه النويدة ابتداء من بداية تفتت نويدات العينة عند t=0 تطابق اللحظة t_1. نعتبر أن هذه النويدة تفتت لحظة وجودها بمفردها في العينة.

$$t_m = t_1 = \frac{t_{1/2}}{Ln2}.LnN_0$$

$$t_m = \frac{138}{0,69}.Ln10^{19}$$

t_m=8750$jours$

التمرين 14

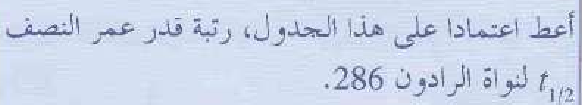
تنتمي نويدة الرادون ${}^{222}_{86}Rn$ إلى فصيلة مشعة تستقر عند نويدة الرصاص ${}^{206}_{82}Pb$، بعد مجموعة من الإشعاعات α و β^-.

1- عرف الفصيلة المشعة.

2- اكتب حصيلة تفاعلات السلسلة السابقة التي يتحول إثرها ${}^{222}_{86}Rn$ إلى ${}^{206}_{82}Pb$، محددا عدد الإشعاعات α وعدد الإشعاعات β^-.

3- نحضر عينة مشعة كتلتها $1mg$ من نويدات الراديوم 286، ثم نقوم بقياس الكتلة المتبقية بعد لحظات مختلفة فنحصل على النتائج المدونة في الجدول التالي:

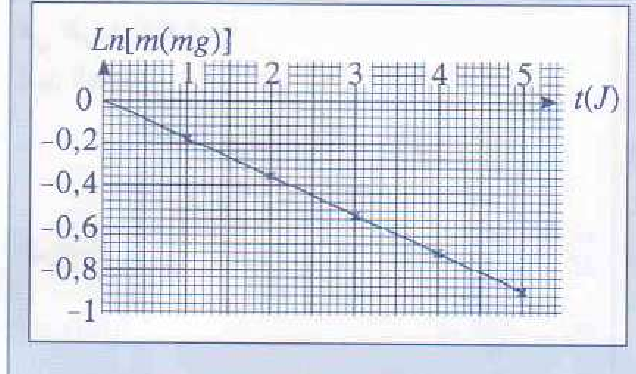
$t(jour)$	0	1	2	3	4	5
$m(mg)$	1	0,83	0,69	0,58	0,48	0,40



أعط اعتمادا على هذا الجدول، رتبة قدر عمر النصف $t_{1/2}$ لنواة الرادون 286.

4- نمثل تغيرات Lnm بدلالة الزمن، فنحصل على المنحنى الممثل في الشكل جانبه.

حدد، اعتمادا على هذا المبيان، قيمة $t_{1/2}$ وقارنها مع النتيجة السابقة.



5- احسب نشاط العينة A_0 عند اللحظة t=0.

6- احسب m_{10} كتلة العينة عند اللحظة t=10$jours$.

نعطي: الكتلة المولية للرادون 222: M=222$g.mol^{-1}$

ثابتة أفوكادرو: $\mathcal{N}_A = 6,02.10^{23}mol^{-1}$

الحل

1- تعريف فصيلة مشعة:

الفصيلة المشعة هي نويدات تخضع لسلسلة متتالية من الإشعاعات تتوقف عند نويدة مستقرة.

2- حصيلة التفاعلات:

$${}^{222}_{86}Rn \rightarrow {}^{206}_{82}Pb + x({}^{4}_{2}He) + y({}^{0}_{-1}e)$$

التمرين 17

I– الجزء الأول: دراسة الفصيلة: ^{238}U – ^{206}Pb

تؤدي نويدة الأورانيوم $^{238}_{92}U$ إلى نويدة الرصاص ^{206}Pb المستقرة، وذلك إثر سلسلة من التحولات النووية المتوالية.

1– في مرحلة أولى،تتفتت نويدة الأورانيوم 238 حسب الاشعاع α، وتتولد عنها نويدة الثوريوم Th.

1.1– عرف النويدة المشعة.

2.1– اكتب معادلة التفتت α لنواة الأورانيوم 238.

2– في مرحلة ثانية، تتحول نويدة الثوريوم 234 إلى نويدة البروتاكتينيوم $^{234}_{91}Pa$، حدد نوع هذا التحول

3– نعبر عن مجموع التحولات التي تؤدي إلى تكون الرصاص 206 انطلاقا من الأورانيوم 238 بالمعادلة الإجمالية التالية: $^{238}_{92}U \rightarrow ^{206}_{82}Pb + x\,^{4}_{2}He + y\,^{0}_{-1}e$

1.3– عرف الفصيلة المشعة

2.3– حدد عدد الدقائق α و β^- المرافقة للتحول السابق.

II– الجزء الثاني: تحديد عمر الأرض

تحتوي المعادن المنتمية لنفس الطبقة الجيولوجية، والتي تكونت في نفس اللحظة، على نفس النسبة من الأورانيوم 238 والرصاص 206.

مع مرور الزمن تتناقص نسبة الاورانيوم 238 وتزداد نسبة الرصاص 206.

يُمَكِّنُ قياس كمية الرصاص في عينة من حجر، باعتبار عدم وجوده في البداية، مِنْ تَحْدِيدِ عُمْرِ الحجر وذلك اعتماداً على منحنى التناقص الإشعاعي لعدد نويدات الأورانيوم 238.

ندرس عينة من حجر قديم عمره مطابق لعمر الأرض t_T.

1– نعتبر منحنى التناقص الإشعاعي لعدد نويدات الأورانيوم 238 بدلالة الزمن: $N_U(t)=f(t)$ في حجر قديم. (انظر الشكل جانبه)

1.1– حدد العدد البدئي $N_U(0)$ لنوى الأورانيوم.

2.1– حدد مبيانياً ثابتة الزمن τ للأورانيوم 238.

3.1– باستعمال قانون التناقص الإشعاعي، أوجد تعبير الثابتة الإشعاعية λ للأورانيوم 238 بدلالة τ. استنتج قيمة λ

4.1– حدد مبيانياً عمر النصف $t_{1/2}$ للأورانيوم 238، ثم تحقق من قيمة λ المحصل عليها في السؤال 3.1 .

2– أدى قياس عدد نويدات الرصاص في الحجر المدروس إلى النتيجة $N_{Pb}(t)=2,5.10^{12}$

1.2– أعط العلاقة بين $N_U(0)$ و$N_U(t)$ و $N_{Pb}(t)$

2.2– عبر عن عمر الأرض t_T بدلالة τ و$N_U(0)$ و$N_{Pb}(t)$، ثم احسب t_T.

الحـل

I– الجزء الأول

1.1– تعريف النواة المشعة:

نسمي نويدة مشعة كل نويدة تتحول تلقائياً إلى نويدة أكثر استقرارا مع انبعاث دقيقة α، β^- أو β^+

2.1– معادلة التفتت:

$$^{238}_{92}U \rightarrow ^{234}_{90}Th + ^{4}_{2}He$$

2– نوع الإشعاع:

لدينا المعادلة: $^{234}_{90}Th \rightarrow ^{234}_{91}Pa + ^{0}_{-1}e$

نوع الإشعاع هو β^-

3– تحديد عدد الإشعاعات:

بتطبيق قانوني صودي ولعدد النويات نكتب:

$$\begin{cases} 92 = 82 + 2x - y \\ 238 = 206 + 4x \end{cases}$$

إذن: $x = \frac{238-206}{4} = 8$ و $y=6$

II- الجزء الثاني:

1.1- تحديد $N_U(0)$:

لدينا انطلاقا من المبيان:

$N_U(0)=N_U(t=0)=5.10^{12} noyaux$

2.1- تحديد ثابتة الزمن:

توافق τ لحظة تقاطع المماس للمنحنى عند $t=0$ مع محور الزمن.

من خلال المبيان نجد: $\tau = 6,75.10^{9} ans$

3.1- تحديد λ:

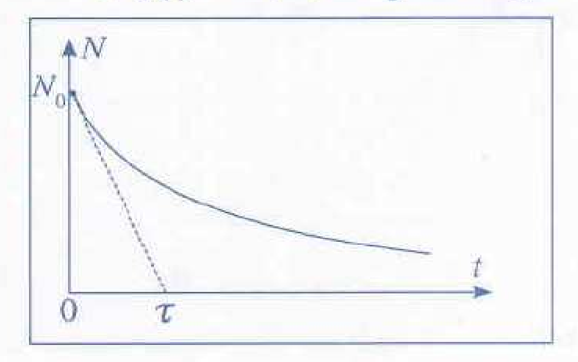
العلاقة بين λ و τ:

حسب قانون التناقص الإشعاعي: $N = N_0 e^{-\lambda t}$

نشتق هذه الدالة فنجد: $\frac{dN}{dt} = -\lambda N_0 e^{-\lambda t}$

عند اللحظة $t=0$ لدينا: $(1) \left(\frac{dN}{dt}\right)_{t=0} = -\lambda N_0$

نعلم أن قيمة المشتقة $\left(\frac{dN}{dt}\right)_{t=0}$ تساوي قيمة المعامل الموجه للمماس عند $t=0$ للدالة $N=f(t)$



مبيانيا؛ المعامل الموجه هو:

$$(2) \frac{0-N_0}{\tau-0} = \frac{-N_0}{\tau}$$

بمماثلة العبارتين (1) و(2)

$$-\lambda N_0 = -\frac{N_0}{\tau}$$

ومنه: $\lambda = \frac{1}{\tau}$

حساب λ: $\lambda = \frac{1}{6,75.10^{9}} \simeq 1,48.10^{-10} an^{-1}$



4.1- تحديد $t_{1/2}$ و λ:

اللحظة $t=t_{1/2}$ توافق $N = \frac{N_0}{2}$

مبيانيا: $t_{1/2}=4,75.10^{9} ans$

$$\lambda = \frac{Ln2}{t_{1/2}} = \frac{0,69}{4,75.10^{9}} = 1,45.10^{-10} an^{-1}$$

1.2- العلاقة بين عدد النوى:

نعبر عن انحفاظ عدد نويدات الأورانيوم 238 ونكتب:

$$N_U(0) = N_U(t) + N'_U(t)$$

حيث $N_U'(t)$ هو عدد النويدات المختفية، وهو مساو لعدد نويدات الرصاص 206 المتكونة عند نفس اللحظة t.

إذن: $N_U(0)=N_U(t)+N_{Pb}(t)$

2.2- استنتاج عمر الأرض t_T:

باستعمال قانون التناقص الإشعاعي نكتب:

$$N_U(t) = N_U(0).e^{-\lambda t}$$

وباعتبار العلاقة السابقة نكتب:

$$N_U(t) = N_U(0) - N_{Pb}(t) = N_U(0).e^{-\lambda t}$$

$$N_U(0)[1 - e^{-\lambda t}] = N_{Pb}(t)$$

$$1 - e^{-\lambda t} = \frac{N_{Pb}(t)}{N_U(0)}$$

$$1 - \frac{N_{Pb}(t)}{N_U(0)} = e^{-\lambda t}$$

$$-\lambda t = Ln\left[1 - \frac{N_{Pb}(t)}{N_U(0)}\right]$$

$$t = -\frac{1}{\tau} Ln\left[1 - \frac{N_{Pb}(t)}{N_U(0)}\right]$$

أو

$$t = -\tau Ln\left[1 - \frac{N_{Pb}(t)}{N_U(0)}\right]$$

$$t = -7.10^{9} Ln\left[1 - \frac{2,5.10^{12}}{5.10^{12}}\right]$$

$$t = -6,75.10^{9} Ln\frac{1}{2}$$

$$t=6,75.10^{9}.Ln2 = 4,65.10^{9} ans$$

التمرين 18

تحتوي المياه الطبيعية على الكلور 36 الإشعاعي النشاط، والذي يتجدد باستمرار في المياه السطحية بحيث يبقى تركيزه ثابتا، عكس المياه الجوفية الساكنة التي يتناقص فيها تدريجيا مع الزمن.

يهدف هذا التمرين إلى تأريخ فرشة مائية ساكنة بواسطة الكلور 36.

المعطيات:

النواة أو الدقيقة	الكلور 36	النوترون	البروتون
الرمز	${}^{36}_{17}Cl$	${}^{1}_{0}n$	${}^{1}_{1}p$
الكتلة (u)	35,9590	1,0087	1,0073

– عمر النصف للكلور 36: $t_{1/2}=3{,}01.10^{5}ans$.

– $1u=931{,}5MeV.c^{-2}$.

1– تفتت نويدة الكلور 36:

ينتج عن تفتت نويدة الكلور ${}^{36}_{17}Cl$ نويدة الأرغون ${}^{36}_{18}Ar$.

1.1– أعط تركيب نويدة الكلور ${}^{36}_{17}Cl$.

1.2– احسب بـMeV طاقة الربط لنواة الكلور 36.

1.3– اكتب معادلة هذا التفتت وحدد نوع نشاطه الإشعاعي.

2– تأريخ فرشة مائية ساكنة:

أعطى قياس النشـــاط الإشعاعي، عند لحظة t، لعينة من المياه السطحية القيمة $a_1=11{,}7.10^{-6}Bq$، ولعينة أخرى لها نفس الحجم من المياه الجوفية الساكنة القيمة $a_2=1{,}19.10^{-6}Bq$.

نفترض أن الكلور 36 هو المســـؤول الوحيد عن النشاط الإشـــعاعي في المياه؛ وأن نشاطه في المياه السطحية يساوي نشاطه في المياه الجوفية الساكنة لحظة تكوّن الفرشة المائية الجوفية، والتي نأخذها أصلا للتواريخ.

– حدد بالسنة عمر الفرشة المائية الجوفية المدروسة.

الحـل

1– تفتت نويدة الكلور 36:

1.1– تركيب النويدة ${}^{36}_{17}Cl$:

* $Z=17$: عدد البروتونات

* $A-Z=36-17$: عدد البروتونات

$A-Z=18$

1.2– حساب طاقة الربط لنواة ${}^{36}_{17}Cl$:

يعبر عن طاقة الربط للنواة كالتالي: $E_\ell=\Delta mC^2$

$$E_\ell=[Zm_p+(A-Z)m_n-m({}^{36}_{17}Cl)]C^2$$

$$E_\ell=\begin{bmatrix}17.1{,}0073\\+18.1{,}0087\\-35{,}9590\end{bmatrix}C^2\times 931{,}5MeV/C^2$$

$$E_\ell\simeq 307{,}8MeV$$

1.3– معادلة التفتت:

تكتب معادلة التفتت كالتالي: ${}^{36}_{17}Cl\rightarrow{}^{36}_{18}Ar+{}^{0}_{-1}e$

نوع النشاط الإشعاعي β^-.

2– تاريخ فرشة مائية ساكنة:

حسب قانون التناقص الإشعاعي نكتب:

$$a=a_0e^{-\lambda t}$$

* بالنسبة لعينة المياه السطحية: $a_1=a_0e^{-\lambda t_0}$ (1)

إذن $t_0=0$: $a_1=a_0$

* بالنسبة للمياه الجوفية: $a_2=a_0e^{-\lambda t}$ (2)

من العلاقتين (1) و (2) نستنتج أن: $e^{-\lambda t}=\dfrac{a_2}{a_1}$

ومنه: $-\lambda t=\ln\dfrac{a_2}{a_1}$

$$t=\frac{1}{\lambda}\ln\frac{a_1}{a_2}$$

إذن: $t=\dfrac{t_{1/2}}{\ln 2}\ln\dfrac{a_1}{a_2}$

ت ع: $t=\dfrac{3{,}01.10^{5}}{\ln 2}\ln\left(\dfrac{11{,}7.10^{-6}}{1{,}19.10^{-6}}\right)$

$$t\simeq 9{,}92.10^{5}ans$$

التمرين 19

التحولات النووية – تطبيقات في مجال الطب

يعتبر الطب أحد المجالات الرئيسية التي عرفت عدة تطبيقات للأنشطة الإشعاعية؛ ويُستعمل في هذا المجال عدد من العناصر المشعة لتشخيص الأمراض ومعالجتها. ومن بين هذه العناصر الصوديوم $^{24}_{11}Na$ الذي يُمكّن من تتبع مجرى الدم في الجسم.

1- نويدة الصوديوم $^{24}_{11}Na$ إشعاعية النشاط وينتج عن تفتتها نويدة المغنزيوم $^{24}_{12}Mg$.

1.1- اكتب معادلة تفتت نويدة الصوديوم، وحدد طبيعة هذا الإشعاع.

1.2- احسب ثابتة النشاط الإشعاعي λ لهذه النويدة علما أن عمر النصف للصوديوم 24 هو $t_{1/2} = 15h$.

2- فقدَ شخص، إثر حادثة سير، حجما من الدم. لتحديد حجم الدم المفقود نحقن الشخص المصاب عند اللحظة $t_0=0$، بحجم $V_0=5,00mL$ من محلول الصوديوم 24 تركيزه $C_0=10^{-3}mol.L^{-1}$.

2.1- حدد n_1 كمية مادة الصوديوم $^{24}_{11}Na$ التي تبقى في دم الشخص المصاب عند اللحظة $t_1=3h$.

2.2- احسب نشاط هذه العينة عند هذه اللحظة t_1. (ثابتة أفوكادرو $N_A=6,02.10^{23}mol^{-1}$)

2.3- عند اللحظة $t_1=3h$؛ أعطى تحليل الحجم $V_2=2,00mL$ من الدم المأخوذ من جسم الشخص المصاب كمية المادة $n_2=2,1.10^{-9}mol^{-1}$ من الصوديوم 24.

استنتج الحجم V_p للدم المفقود باعتبار أن جسم الإنسان يحتوي على $5,00L$ من الدم، وأن الصوديوم موزع فيه بكيفية منتظمة.

الحل

1.1- معادلة التفتت:

$$^{24}_{11}Na \rightarrow ^{24}_{12}Mg + ^{0}_{-1}e$$

هذا الإشعاع من طراز β^-.

1.2- حساب λ:

ترتبط الثابتة الإشعاعية λ بعمر نصف التفتت حسب العلاقة التالية: $\lambda = \frac{\ln 2}{t_{1/2}}$

ت.ع: $t_{1/2}=15h=15.3600=5,4.10^4s$

$$\lambda = \frac{\ln 2}{5,4.10^4} \simeq 1,28.10^{-5}s^{-1}$$

2.1- تحديد n_1:

كمية مادة الصوديوم التي تم إدخالها إلى دم الشخص عند لحظة الحقن $(t=0)$ هي: $n_0=C_0V_0$

بما أن الصوديوم مشع، فإن هذه الكمية تتناقص بدلالة الزمن، بحيث تصبح الكمية المتبقية في دم الشخص عند اللحظة t_1 هي: $n_1 = n_0 e^{-\lambda t_1} = C_0.V_0.e^{-\lambda t_1}$

ت.ع: $n_1=10^{-3}.5.10^{-3}.e^{-1,28.10^{-5}.3\times3600}$

$n_1 \simeq 4,35.10^{-6}mol$

2.2- نشاط العينة:

لدينا العلاقة: $a_1 = \lambda.N_1$

N_1 عدد نويدات الصوديوم عند اللحظة t_1.

$N_1 = N_A.n_1$

إذن: $a_1 = \lambda.N_A.n_1$

$a_1=1,28.10^{-5}.6,02.10^{23}.4,35.10^{-6}$

$a_1 \simeq 3,35.10^{13}Bq$

2.3- استنتاج V_p:

بما أن الصوديوم المشع يوجد بكيفية منتظمة في الدم فإن تركيزه ثابت.

يعني أن: $\frac{n_1}{V} = \frac{n_2}{V_2}$

n_1 كمية مادة الصوديوم الموجودة في الحجم V من الدم عند اللحظة t_1.

n_2 كمية مادة الصوديوم الموجودة في الحجم V_2 من الدم عند اللحظة t_1.

تمارين و حلول: النشاط الإشعاعي

التمرين 1

نعتبر نويدة الليثيوم $^{7}_{3}Li$ كتلتها $m=7,0160\ u$

1– عبر عن النقص الكتلي لهذه النويدة، واحسب قيمتها بالوحدة u.

$m_p=1,0073u$ كتلة البروتون.

$m_n=1,0087u$ كتلة النترون.

2– عرف طاقة الربط لنويدة، وأعط تعبيرها.

3– احسب ب MeV الطاقة المحررة أثناء تكون نويدة الليثيوم انطلاقا من نويات مأخوذة على حدة وساكنة.

4– احسب طاقة الربط المتوسطة بالنسبة لنوية نويدة الليثيوم.

نعطي: $1u = 931,5MeV.c^{-2}$

الحل

1– تعبير Δm النقص الكتلي:

يُعبر عن النقص الكتلي لنويدة $^{A}_{Z}X$ بالعلاقة:

$$\Delta m = Z.m_p + (A-Z)m_n - m(^{A}_{Z}X)$$

بالنسبة لنواة $^{7}_{3}Li$

$$\Delta m = 3m_p + (7-3)m_n - m(^{7}_{3}Li)$$

ت ع:

$$\Delta m = (3.1,0073 + 4.1,0087) - 7,0160$$

$$\Delta m = 0,0407u$$

2– تعريف طاقة الربط وتعبيرها:

– طاقة الربط لنــواة هي الطاقة المحررة خلال تكون نويدة ســاكنة انطلاقا من نويات ساكنة بدئيا ومأخوذة على حدة.

$$E_\ell = \Delta m.c^2 = [Zm_p + (A-Z)m_n - m(^{A}_{Z}X)].c^2$$

3– حساب E_ℓ:

نعلم أن:

$$E_\ell = \Delta m.c^2$$

$$= 0,0407.931,5$$

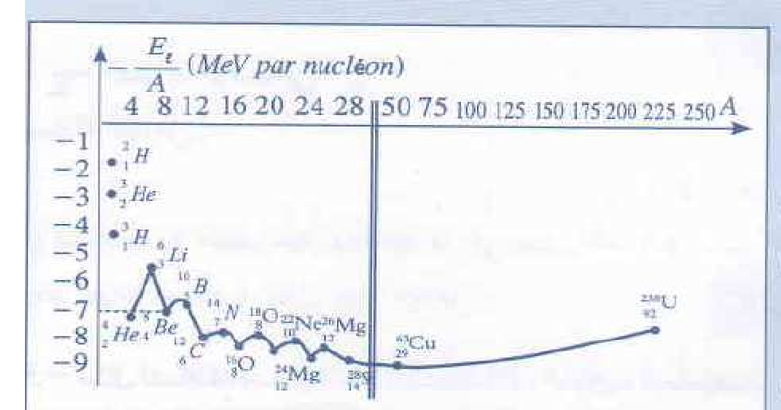
$$E_\ell = 37,9MeV$$

4– طاقة الربط بالنسبة لنوية:

$$\frac{E_\ell}{A} = \frac{37,9}{7} = 5,42MeV/nucléon$$

التمرين 2

باســتعمال المنحنى التالي (منحنى أســطون) أجب عن الأسئلة التالية:



1– ماذا يمثل هذا المنحنى؟

2– اعتمادا على هــذا المنحنى، عين النويدة التي لها أصغر طاقة ربط بالنســبة لنوية؟ ماذا يمكن القول عن استقرارها؟

3– اذكر بعض النويدات المستقرة الواردة في المبيان.

4– حدد، بالاستعانة بالمبيان، طاقة الربط لنواة البيريليوم Be.

5– هل يمكن أن ينتج الليثيوم عن اندماج نواتين خفيفتين؟ أعط مثالا لمعادلة هذا الاندماج.

تمارين و حلول: النشاط الإشعاعي

الحل

1– مدلول المنحنى:

يمثل المنحنى تغيرات $\left(-\frac{E_\ell}{A}\right)$ بدلالة عدد النويات A لبعض النويدات، حيث $\frac{E_\ell}{A}$ طاقة الربط بالنسبة لنوية.

2– تعيين النواة:

طاقة الربط الدنوية بالنسبة لنوية، توافق أصغر قيمة $\left|\frac{E_\ell}{A}\right|$، وتوافق نويدة ^2_1H الدوتريوم، وهي نظير الهيدروجين (انظر منحنى أسطون).

ونعلم أن النويدة تكون أكثر استقرارا كلما كانت طاقة الربط بالنسبة لنوية كبيرة.

إذن ^2_1H هي النويدة الأقل استقرارا.

3– نواة مستقرة:

تكون النويدة مستقرة كلما كانت قيمة المقدار $\left|\frac{E_\ell}{A}\right|$ كبيرة.

النويدات الأكثر استقرارا تو جدفي حوض الاستقرار، ويهم ذلك النويدات المحصورة بين النحاس $^{63}_{29}Cu$ والهيليوم ^4_2He

4– طاقة ربط ^8_4Be:

طاقة الربط E_ℓ تكتب: $E_\ell = A\left(\frac{E_\ell}{A}\right)$

مع: $A=8$ و $\frac{E_\ell}{A} = 7MeV$

ت ع: $E_\ell = 8.7 = 56MeV$

5– نواة الليثيوم:

يمكن لنواة الليثيوم أن تنتج عن اندماج نواتين خفيفتين غير مستقرتين كالهيدروجين ^3_1H والهيليوم ^3_2He، وذلك حسب المعادلة التالية:

$$^3_2He + ^3_1H \longrightarrow ^6_3Li$$

التمرين 3

الريبيديوم $^{85}_{37}Rb$ نويدة مستقرة، في حين يعث الريبيديوم 89 إشعاعات β^-.

1– عرف طاقة الربط لنواة.

2– احسب طاقة الربط لكل من النظيرين.

3– احسب طاقة الربط بالنسبة لنوية.

4– رتب النواتين حسب استقرارهما.

5– اكتب معادلة التفتت للنظير غير المستقر. علما أن النويدة المتولدة تنتمي إلى عنصر السترونسيوم Sr.

نعطي: $m(^{85}Rb)=84,89144u$ ، $m(^{89}Rb)=88,89193u$

$m_n=1,00866u$ ، $m_p=1,00728u$ ، $1u = 931,5MeV.c^{-2}$

الحل

1– طاقة الربط:

طاقة الربط لنواة هي الطاقة المحررة أثناء تكون نويدة انطلاقا من نوياتها متفرقة.

2– حساب طاقة الربط:

$$E_\ell = \left[(Zm_p + (A-)m_n) - m(^A_ZX)\right]c^2$$

بالنسبة لـ $^{85}_{37}Rb$

$$E_\ell = \left[37m_p + (85-37)m_n - m(^{85}Rb)\right].c^2$$

$$E_\ell = [(37.1,00728 + 48.1,00866) - 84,891.44].931,5$$

$$E_\ell = 739,2MeV$$

بالنسبة لـ $^{89}_{37}Rb$:

$$E_\ell = \left[37m_p + (89-37)m_n - m(^{89}Rb)\right].c^2$$

$$=[37.1,00728 + 52.1,00866 - 88,89193].931,5$$

$$E_\ell = 771,2MeV$$

3– طاقة الربط بالنسبة لنوية:

– بالنسبة ل ^{85}Rb

$$\frac{E_\ell}{A} = \frac{739,2}{85} = 8,70MeV/nucléon$$

– بالنسبة ل ^{89}Rb

$$\frac{E_\ell}{A} = \frac{771,0}{89} = 8,66MeV/nucléon$$

4– ترتيب النظيرين:

طاقة الربط بالنسبة لنوية ^{89}Rb أصغر من طاقة الربط بالنسبة لنوية لـ ^{85}Rb، وبالتالي فإن ^{89}Rb أقل استقرارا من ^{85}Rb.

5– معادلة التفاعل:

$^{89}_{37}Rb \rightarrow {}^{A}_{Z}Sr + {}^{0}_{-1}e$

حيث إن: $A=89$

$37=Z-1$

إذن: $A=89$ و $Z=38$ ، ومنه: $^{89}_{38}Sr$



التمرين 4

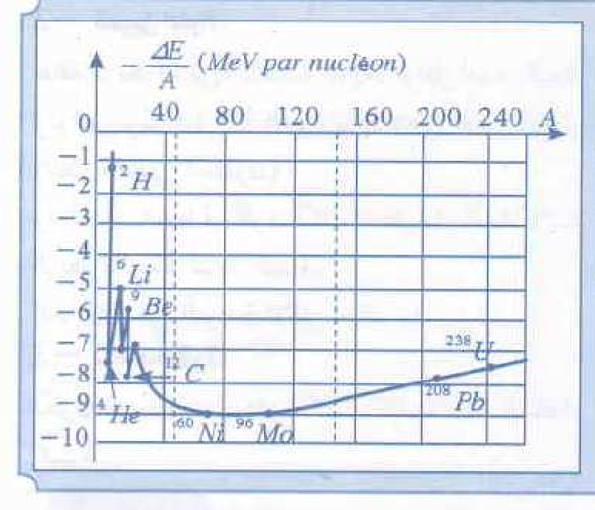
1– ماذا يسمى المنحنى جانبه؟

2– أين توجد النويدات الأكثر استقرارا على هذا المنحنى؟

3– أين توجد النويدات التي يمكن أن تحقق تفاعل انشطار؟ اندماج؟ علل جوابك.

4– ما رتبة قدر طاقة الربط بالنسبة لنوية نويدة النيكل (^{60}Ni) 60؟

5– ما رتبة قدرة طاقة ربط هذه النويدة؟



الحـل

1– وصف المنحنى:

يسمى هذا المنحنى منحنى أسطون، ويمثل تغيرات المقدار $\left(-\frac{E_l}{A}\right)$ بدلالة عدد النويات A لبعض النويدات، حيث $\frac{E_l}{A}$ طاقة الربط بالنسبة لنوية.

2– النوى الأكثر استقرارا:

توجد النويدات الأكثر استقرارا في قعر المنحنى، حيث طاقة الربط بالنسبة لنوية $\left|\frac{E_l}{A}\right|$ تكون كبيرة.

3– النوى المتفاعلة:

– بالنســبة للنوى التي يمكن أن تحقق تفاعل انشطار فهي نويدات ثقيلة وغير مستقرة وتتميز ب $A>190$.

– بالنســبة للنوى التي يمكن أن تحقق تفاعل اندماج فهي نويدات خفيفة وغير مستقرة وتتميز ب $A<10$.

4– رتبة قدر طاقة ربط بالنسبة لنوية:

باستغلال منحنى أسطون بالنسبة لنواة ^{60}Ni نجد:

$-\frac{E_l}{A} \simeq -9MeV/nucléon$

إذن: $\frac{E_l}{A} = 9MeV/nucléon$

5– طاقة الربط ل ^{60}Ni:

لدينا: $E_l = A\left(\frac{E_l}{A}\right)$

إذن: $E_l \approx 60.(9)$

$E_l \approx 540MeV$

التمرين 5

يحدث في مفاعل نووي التفاعل التالي: $^{235}_{92}U + {}^{1}_{0}n \rightarrow {}^{94}_{38}Sr + {}^{140}_{Z}Xe + X\,{}^{1}_{0}n$

1– حدد قيم كل من Z و X.

2– احسب تغير الكتلة Δm المرتبط بهذا التفاعل.

3– احسب ب J، ثم ب MeV، الطاقة المحررة خلال انشطار نويدة ^{235}U.

4– احسب الطاقة المحررة خلال انشطار $5g$ من ^{235}U.

5– احسب كتلة البترول التي تحرر عند احتراقها نفس الطاقة، علما أن كيلوغراما من البترول يحرر عند احتراقه طاقة تساوي $42MJ$.

$m(^{140}Xe)=139,89195u$ ؛ $m(^{94}Sr)=93,89446u$

$m(^{235}U)=234,99332u$ ؛ $N_A=6,022.10^{23}mol^{-1}$

$c=3.10^8m.s^{-1}$ ؛ $m(^1_0n)=1,00866u$

$1MeV=1,6022.10^{-13}J$ ؛ $M(^{235}U)=235g.mol^{-1}$

الحل

1– قيم Z وX:

باعتماد قوانين الانحفاظ لعدد الشحنة وعدد النويات

فإن: $235+1=94+140+X$

$92=38+Z$

إذن: $X=2$ و $A=54$

وبالتالي تكتب المعادلة:

$${}^{235}_{92}U+{}^{1}_{0}n \rightarrow {}^{94}_{38}Sr+{}^{140}_{54}Xe+2{}^{1}_{0}n$$

2– حساب Δm:

نعلم أن: $\Delta m = m(\text{النواتج}) - m(\text{المتفاعلات})$

إذن:

$$\Delta m = (m(^{94}Sr)+m(^{140}Xe)+2m_n)-(m(^{235}U)+m_n)$$

$$\Delta m = (93,89446+139,89195+2.1,00866)-(234,99332+1,00866)$$

$$\Delta m = -0,19825u$$

3– الطاقة المحررة:

حسب علاقة إينشتاين: $\Delta E = \Delta m.c^2$

– **حسابها بالجول:**

$$\Delta E=-0,19825.1,6054.10^{-27}(3.10^8)^2$$

$$=-2,9628.10^{-11}J$$

حسابها ب MeV

$$\Delta E = \frac{-2,9628.10^{-11}}{1,6022.10^{-13}} = -184,93MeV$$

هذا التفاعل يحرر خلال انشطار نويدة الأورانيوم الطاقة:

$E_0 = 184,93Mev$

4– الطاقة المحررة خلال انشطار 5g من ^{235}U:

– عدد الذرات الموجودة في 5g من ^{235}U هو:

$N=n.N_A$

حيث إن: $n=\frac{m}{M(^{235}U)}$

أي إن: $n=\frac{5}{235}=2,13.10^{-2}mol$

إذن عدد الذرات هو: $N=2,13.10^{-2}.6,022.10^{23}$

$N=1,28.10^{22}$ ذرة

الطاقة المحررة بالانشطار لـ 5g من ^{235}U تساوي

$E=N.E_0$

ت ع: $E=1,28.10^{22}.2,9628.10^{-11}$

$E=3,79.10^{11}J$

5– كتلة البترول m:

كتلة البترول m اللازمة لإنتاج نفس الطاقة E:

$E=m.E_1$

حيث E_1 هي الطاقة التي يحررها 1kg من البترول خلال احتراقه

$$m=\frac{E}{E_1}=\frac{3,79.10^{11}}{42.10^6}\simeq 9.10^3kg \simeq 9tonnes$$

التمرين 6

تتفتت نويدة الراديوم ${}^{226}_{88}Ra$ تلقائيا لتنتج عنها نويدة الرادون ${}^{222}_{86}Rn$.

1– اكتب معادلة التفاعل مبرزا نوعه.

2– احسب تغير الكتلة خلال هذا التفاعل. واستنتج التغير النسبي لهذه الكتلة.

3– احسب الطاقة المحررة خلال هذا التفاعل ب MeV، ثم ب J.

4– ما الطاقة المحررة ل 1g من الراديوم في نفس الظروف.

تعطى: $m(Ra)=226,02540u$ ؛ $N_A=6,02.10^{23}mol^{-1}$

$M(Ra)=226g.mol^{-1}$ ؛ $m(^4_2He)=4,00260u$ ؛ $m(Rn)=222,01757u$

الحل

1- معادلة التفاعل:

$^{226}_{88}Ra \rightarrow ^{222}_{86}Rn + ^{4}_{2}He$

نوع التفاعل: نشاط إشعاعي نوع α.

2- حساب Δm:

نعلم أن: $\Delta m = m_{(produits)} - m_{(reactifs)}$

إذن: $\Delta m = (m(Rn) + m(He)) - m(Ra)$

$\Delta m = (222,01757 + 4,00260) - 226,0254$

$\Delta m = -5,23.10^{-3}u$

حساب التغير النسبي للكتلة:

$\frac{|\Delta m|}{m} = \frac{|\Delta m|}{m(Ra)} = \frac{5,23.10^{-3}}{226,025} = 2,3.10^{-5}$

$\frac{\Delta m}{m(Ra)} = 0,0023\%$

3- حساب الطاقة المحررة خلال التفاعل:

حسب علاقة إينشتاين $E_0 = \Delta m.c^2$

- ب MeV

ت ع: $E_0=-5,23.10^{-3}.931,5$

$E_0=-4,87MeV$

- بالجول: $E_0=-4,87.1,602.10^{-13}J$

$E_0=-7,80.10^{-13}J$

4- الطاقة المحررة لـ $1g$ من طرف $^{226}_{88}Ra$:

الطاقة المحررة خلال تفاعل $m=1g$ من الراديوم هي:

$E=N.E_0$

$N=n.N_A$: عدد النويدات في $1g$ من Ra.

مع: $n = \frac{m}{M(Ra)}$ ، إذن: $E = \frac{m}{M(Ra)}.N_A.E_0$

ت ع: $E = \frac{10^{-3}}{226.10^{-3}}.6,22.10^{23}.7,80.10^{-13}$

$E=2,08.10^9J$

التمرين 7

تعتبر نويدة المغنيزيوم $^{24}_{12}Mg$

1- أعط تركيبة نويدة المغنيزيوم.

2- أعط تعبير الطاقة الكتلية E_{Mg} لنواة المغنيزيوم.

3- احسب ب MeV الطاقات الكتلية E_p لبروتون و E_n لنترون.

4- باستعمال مبدإ انحفاظ الطاقة، بين أن طاقة الربط E_ℓ تكتب: $E_\ell = 12(E_p + E_n) - E_{Mg}$

5- احسب ب MeV طاقة الربط بالنسبة لنوية لنواة المغنيزيوم.

نعطي: $m_p=1,00728u$; $m(^{24}Mg)=23,97868u$

$1u = 931,5MeV.c^{-2}$; $m_n=1,00866u$

الحل

1- تركيبة نواة المغنيزيوم:

رمز نويدة المغنيزيوم $^{24}_{12}Mg$، حيث:

- $Z=12$ عدد البروتونات.
- $N=A-Z$.
- $N=12$ عدد النترونات.

2- تعبير E_{Mg}:

حسب علاقة إينشتاين: $E_{Mg}=m_{Mg}.c^2$

3- تعابير E_p و E_n:

لدينا حسب علاقة إينشتاين: $E_p=m_p.c^2$

ت ع: $E_p=1,00728.931,5$

$E_p=938,3MeV$

ولدينا: $E_n=m_n.c^2$

ت ع: $E_n=1,00866.931,5$

$E_n=939,6MeV$

4- تعبير E_ℓ:

حسب مبدإ انحفاظ الطاقة الكتلية فإن:

$E_{Mg} + E_\ell = ZE_p + (A-Z)E_n$

حيث إن: $Z=12$

$A-Z=12$

إذن: $E_\ell = 12E_p + 12E_n - E_{Mg}$

ومنه: $E_\ell = 12(E_p + E_n) - E_{Mg}$

تمارين و حلول: النشاط الإشعاعي

5- حساب طاقة الربط بالنسبة لنوية:

لدينا: $\frac{E_\ell}{A} = \frac{12(E_p + E_n) - E_{Mg}}{A}$

مع: $E_{Mg} = 23,97688.931,5$

$E_{Mg} = 22,33.10^3 MeV$

إذن: $\frac{E_\ell}{A} = \frac{12(938,3 + 939,6) - 22,33.10^3}{24}$

$\frac{E_\ell}{A} = 8,53 MeV/nucléon$

التمرين 8

تفتت الراديوم

يحتوي الهواء على الرادون 222، وهو غاز ذو نشاط إشعاعي طبيعي مصدره بعض الصخور التي تحتوي على الأورانيوم والراديوم. يتكون الرادون نتيجة تفتت الراديوم طبقا لمعادلة التفاعل النووي التالي:

$${}^{226}_{88}Ra \rightarrow {}^{222}_{86}Rn + {}^{4}_{2}He$$

1- حدد، معللا جوابك، طبيعة النشاط الإشعاعي الموافق لهذا التفاعل.

2- أعط تعبير النقص الكتلي Δm للنواة ${}^{A}_{Z}X$ ذات الكتلة m_x.

3- احسب، بوحدة الكتلة الذرية u، النقص الكتلي للراديوم Ra.

4- عرف طاقة الربط E_ℓ لنويدة.

5- علما أن النقص الكتلي لنواة الرادون Rn هو: $\Delta m(Rn) = 3,04.10^{-27} kg$

احسب، ب J، طاقة الربط $E_\ell(Rn)$ لنواة الرادون

6- تحقق أن: $E_\ell(Rn) = 1,71.10^3 MeV$

7- احسب طاقة الربط بالنسبة لنوية Rn بالوحدة MeV

8- عبّر عن تغير الطاقة ΔE للتفاعل (1) بدلالة m_{Ra} و m_{Rn} و m_{He} ثم احسب ΔE ب J

معطيات: $1eV = 1,60\times10^{-19}J$ ، $1u = 931,5 MeV.c^{-2}$ ، $u = 1,66054\times10^{-27}kg$

$c = 3,00\times10^8 m.s^{-1}$ ، $1MeV = 1\times10^6 eV$

${}^{222}_{86}Rn$	${}^{226}_{88}Ra$	${}^{4}_{2}He$	${}^{1}_{0}n$	${}^{1}_{1}p$
221,970	225,977	4,001	1,009	1,007

الحل

1- طبيعة النشاط الاشعاعي:

النشاط α

2- تعبير النقص الكتلي لنواة ${}^{A}_{Z}X$:

$\Delta m = Zm_p + (A - Z)m_n - m_x$

3- حساب Δm لنويدة الراديوم:

بالنسبة للنويدة ${}^{226}_{88}Ra$ نكتب:

$\Delta m = 88m_p + (226 - 88)m_n - m({}^{226}_{88}Ra)$

$\Delta m = 88.1,007 + 138.1,009 - 225,977$

$\Delta m(Ra) = 1,881u$

4- تعريف طاقة الربط:

طاقة الربط لنويدة هي الطاقة الدنوية اللازم إعطاؤها لهذه النويدة لتفتيتها إلى نويات.

5- حساب $E_\ell(Rn)$:

$E_\ell = \Delta m.c^2$

بالنسبة للنويدة Rn

$E_\ell(Rn) = \Delta m(Rn).c^2$

$= 3,04.10^{-27}.(3.10^8)^2 = 27,36.10^{-11}J$

6- التحقق من النتيجة:

$1J = \frac{1}{1,6.10^{-19}}eV = \frac{10^{19}eV}{1,6} = \frac{1}{1,6}.10^{13}MeV$

$E_\ell(Rn) = 27,36.10^{-11}J = \frac{27,36}{1,6}.10^{-11}.10^{13}$

$E_\ell(Rn) = 1,71.10^3 Mev$

7- حساب طاقة لنوية ${}^{222}_{86}Rn$:

$\mathscr{E} = \frac{E_\ell}{A} = \frac{1,71.10^3}{222} = 7,70 MeV/nucleon$

8- تعبير وحساب ΔE:

تعبير الطاقة الناتجة عن تغير الكتلة خلال التفاعل α السابق هو:

$$\Delta E = (m_{Rn} + m_{\alpha} - m_{Ra}).c^2$$

$$\Delta E = (221,970 + 4,001 - 225,977).c^2$$
$$= -0,006\mu.c^2 = -0,006.931,5Mev$$
$$\Delta E = 5,589Mev$$
$$\Delta E \simeq 5,6meV$$

التمرين 9

نويدة الكوبالت ($^{60}_{27}Co$) إشعاعية النشاط β^- عمر نصفها يساوي $5,3ans$. النويدة المتولدة $^{A}_{Z}Ni$ توجد في حالة مثارة، إذ يصاحب عودتها إلى الحالة المستقرة انبعاث إشعاعات γ ذات طاقة $E_{\gamma} = 1,33MeV$.

1- اكتب معادلة التفتت β^- محددا قيم Z و A.

2- احسب λ ثابتة الإشعاع لنواة ^{60}Co.

3- اكتب معادلة التفاعل الذي ينتج انبعاث γ.

4- احسب λ طول موجة الإشعاعات γ، حيث $E_{\gamma} = \frac{hC}{\lambda}$

5- احسب الطاقة الناتجة عن تفتت نويدة ^{60}Co. على أي شكل من الطاقات تظهر الطاقة المحررة؟

6- باعتبار طاقة الإشعاعات γ، احسب الطاقة المحمولة من طرف الإشعاعات β^-.

نعطي: $h=6,62.10^{-34}J.s^{-1}$: ثابتة بلانك ; $c=3.10^8m/s$

$1MeV=1,66.10^{-13}J$

$E_{Co}=55814,64MeV$: الطاقة الكتلية للكوبالك. $E_{Ni}=55811,23MeV$: الطاقة الكتلية للنيكل.

$E_e=0,5110MeV$: الطاقة الكتلية للإلكترون.

الحل

1- معادلة التفتت:

$$^{60}_{27}Co \rightarrow ^{60}_{27+1}Ni^* + ^{0}_{-1}e$$

أي إن:

$$^{60}_{27}Co \rightarrow ^{60}_{28}Ni^* + ^{0}_{-1}e$$

حيث إن: $Z=28$ و $A=60$

2- حساب λ:

نعلم أن: $\lambda = \frac{\ell n2}{T}$ مع T عمر النصف.

ت ع:

$$\lambda = \frac{\ell n2}{5,3 \times 365 \times 3600}$$
$$\lambda \simeq 9,95.10^{-8}s^{-1}$$

3- معادلة التفاعل:

يرافق التفاعل النووي β^- انبعاث إشعاعات γ ناتجة عن فقدان نويدة النيكل لإثارتها، حيث: $^{60}_{28}Ni^* \rightarrow Ni + \gamma$

4- حساب λ طول موجة الأشعة γ:

الإشعاعات γ عبارة عن موجة ضوئية طاقتها:

$$E_{\gamma} = \frac{hC}{\lambda}$$

إذن:

$$\lambda = \frac{hC}{E_{\gamma}}$$

ت ع:

$$\lambda = \frac{6,62.10^{-34}.3.10^8}{1,33.1,66.10^{-13}} = 8,99.10^{-13}m$$

5- الطاقة الناتجة عن تفتت نواة ^{60}Co:

نعلم أن: $\Delta m = m_{(produits)} - m_{(reactifs)}$

$$\Delta E = (E_{Ni} + E_e) - E_{Co}$$

ت ع:

$$\Delta E = (55811,23 + 0,511) - 55814,64$$
$$\Delta E = -2,90Mev$$

التفاعل يحرر الطاقة: $E = |\Delta E|$

هذه الطاقة تظهر على شكلين: طاقة حركية تعطى للإلكترون، وطاقة كهرمغنطيسية للإشعاعات γ.

6- الطاقة E_C المحمولة من طرف الإلكترون:

باعتماد مبدإ انحفاظ الطاقة فإن: $E = E_e + E_{\gamma}$

$$E_e = E - E_{\gamma}$$

ت ع:

$$E_e=2,99-1,33$$
$$E_e=1,57MeV$$

التمرين 10

يتفتت اليثربيوم ($^{165}_{70}Y$) تلقائيا إلى الطوليوم (Tm) مع انبعاث β^+.

1 – اكتب معادلة هذا التفتت.

2– هل يمكن القول إن الطوليوم أكثر استقرارا من اليثربيوم؟ علل جوابك؟

3– أعطى حساب النقص الكتلي خلال هذا التفتت النتيجة التالية: $\Delta m = -2,41.10^{-3}u$.

1.3– أعط تعبير النقص الكتلي لهذا التفاعل.

2.3– احسب ب MeV الطاقة المحررة خلال هذا التفاعل.

4– نعطي طاقة الربط بالنسبة لنواة اليثربيوم: $E_{\ell_1} = 1,337.10^{-3}MeV$، وبالنسبة لنواة الطوليوم: $E_{\ell_2} = 1,341.10^{3}MeV$.

1.4– احسب طاقة الربط لنوية بالنسبة لهاتين النويدتين.

2.4– هل النتيجة المحصل عليها توافق الجواب عن السؤال 2؟

الحـل

1– معادلة التفكك:

$$^{165}_{70}Y \rightarrow ^{165}_{70-1}Tm + ^{0}_{1}e$$

أي إن:

$$^{165}_{70}Y \rightarrow ^{165}_{69}Tm + ^{0}_{1}e$$

2– الاستقرار:

التفاعل النووي هو استحالة نويدة غير مستقرة إلى نويدة متولدة أكثر استقرارا.

النويدة $^{165}_{69}Tm$ المتولدة أكثر استقرارا من النويدة الأصل $^{165}_{70}Y$،

1.3– تعبير النقص الكتلي:

نعلم أن النقص الكتلي الناتج عن التفاعل هو:

$$\Delta m = m_{produits} - m_{reactifs}$$

$$\Delta m = (m(^{165}_{69}Tm) + m(^{0}_{1}e)) - m(^{165}_{70}Y)$$

2.3– حساب الطاقة المحررة:

حسب علاقة إينشتاين:

$$\Delta E = \Delta m.C^2 = -2,41.10^{-3}.931,5$$

$$E = |\Delta E| = 2,25Mev$$

1.4– طاقة الربط بالنسبة لنوية:

– بالنسبة لنواة الليثربيوم:

$$\frac{E_{\ell_1}}{A} = \frac{1,337.10^{3}}{70} = 19,10MeV/nucléon$$

وبالنسبة لنواة الطوليوم:

$$\frac{E_{\ell_2}}{A} = \frac{1,341.10^{3}}{69} = 19,43MeV/nucléon$$

2.4– التأكد من النتيجة:

نعلم أنه كلما كانت $\frac{E_\ell}{A}$ كبيرة إلا وتكون النويدة أكثر استقرارا، وباعتماد النتيجة المحصل عليها سابقا، فإن نويدة الطوليوم أكثر استقرارا من نويدة الليثربيوم، وهذا يؤكد الجواب عن السؤال 2.

التمرين 11

يعتبر اليود المادة الأساسية لتركيب هرمونات الغدة الدرقية حيث تستنزفه هذه الأخيرة من الدم، وهذا الهرمون أساسي للنمو. كميات اليود اللازمة لهذا التركيب قليلة. بالنسبة لشخص عادي تحتوي كل $100ml$ من الدم على $10\mu g$ من اليود، في كل لحظة تأخذ الغدة الدرقية نفس الكمية من الدم على شكل يودور، والذي تفرزه على شكل هرمونات. كميات اليود المتواجدة في الدم تبقى ثابتة. باستعمال اليود المشع يمكن تتبع استقلاب (*métabolisme*) اليود وقياس الهرمونات المركبة.

من بين نظائر اليود نجد $^{127}_{53}I$ و $^{131}_{53}I$، أحدهما مستقر والآخر باعث ل β^-.

1– احسب طاقة الربط ب J، ثم ب MeV، لكل من النظيرين.

2– ما الطاقة اللازم إعطاؤها لكل نويدة ساكنة لكي يتم تفكيكها إلى نويات؟

2.5– حساب m_0 كتلة اليود:

يتناسب نشاط عينة مع m كتلة هذه العينة المشعة، حيث:

$$a = \lambda N = \lambda.\frac{m}{M}.N_A$$

$$a_0 = \lambda N_0 = \lambda.\frac{m_0}{M}.N_A$$

إذن:

$$m_0 = m.\frac{a_0}{a}$$

ت ع:

$$m_0 = 1.\frac{37.10^6}{4,5.10^{15}}$$

$$m_0 = 8,22.10^{-9}g$$

التمرين 12

يشتغل مفاعل محطة نووية بالأورانيوم المخصب (*enrichi*)، ويحتوي على:

3% من الأورانيوم 235 القابل للانشطار (*fissile*).

97% من الأورانيوم 238 غير القابل للانشطار (*non fissile*).

1– يخضع $^{235}_{92}U$ للانشطار التالي عند التقاطه لنترون بطيء: $^{235}_{92}U + ^{1}_{0}n \rightarrow ^{139}_{54}Xe + ^{94}_{X}Sr + Z\ ^{1}_{0}n$

1.1– احسب X و Z.

2.1– احسب الطاقة المحررة خلال انشطار نويدة ^{235}U ب J، ثم ب MeV.

3.1– ما الطاقة المحررة خلال تفاعل مول واحد من ^{235}U. عبر عن هذه الطاقة ب (*tonne équivalent pétrole*) (*tep*) علما أن: $1tep=42GJ$.

2– يتحول ^{238}U غير القابل للانشطار عند التقاطه نترونا بطيئا إلى نويدة مشعة.

1.2– اكتب معادلة التفاعل النووي، ما النويدة المتكونة؟

2.2– النويدة المتولدة تخضع لتفتتين β^- لتتحول إلى نويدة قابلة للانشطار.

اكتب معادلتي التفتتين المتتاليين، محددا في كل حالة النويدة المتولدة.

3.2– احسب الطاقة المحررة ب MeV بالنسبة للتفتتين β^- السابقين.

معطيات:

$^{239}_{29}U$	$^{238}_{92}U$	$^{235}_{92}U$	$^{94}_{X}Sr$	$^{139}_{54}Xe$	النويدة أو الدقيقة
239,0038	238,0003	235,0134	93,8946	138,8882	الكتلة $m(u)$

$^{0}_{-1}e$	$^{1}_{0}n$	$^{A_2}_{94}Pu$	$^{A_1}_{93}Np$	النويدة أو الدقيقة
$5,4858.10^{-4}$	1,0087	239,0006	239,0019	الكتلة $m(u)$

الحل

1.1– تحديد قيم X و Z:

باعتماد قوانين الانحفاظ نكتب:

$$\begin{cases} 235 + 1 = 139 + 94 + Z \\ 92 + 0 = 54 + X + 0 \end{cases}$$

إذن:

$Z=3$

$X=38$

ومنه تكتب المعادلة:

$$^{235}_{92}U + ^{1}_{0}n \rightarrow ^{139}_{54}Xe + ^{94}_{38}Sr + 3^{1}_{0}n$$

2.1– حساب الطاقة المحررة:

نعلم أن:

$$E = |\Delta E| = E_{(reactifs)} - E_{(produits)}$$

$$E = [(m(^{235}U) + m_n) - (m(^{139}Xe) + m(^{94}Sr) + 3m_n)].c^2$$

– بالجدول:

$$E=(235,0134-93,8946-138,8882-2.1,0087).1,66.10^{-27}(3.10^8)^2$$

$$E=3,2.10^{-11}J$$

تمارين و حلول: النشاط الإشعاعي

* ب MeV

$$E = \frac{3,2.10^{-11}}{1,6.10^{-13}} \simeq 200MeV$$

3.1– الطاقة المحررة خلال تفاعل مول واحد:

الطاقـــة المحررة من طرف مول واحـــد من ^{235}U هي الطاقة المحررة من طرف N_A نويدة.

ومنه: $E_1=N_A.E$

ت ع: $E_1=6,02.10^{23}.3,2.10^{-11}$

$E_1=1,93.10^{11}J$

* ب (tep)

نعلم أن: $1tep \longrightarrow 40GJ$

$E_1 \longrightarrow 1,92.10^{11}J$

إذن: $E_1=458,7tep$

1.2– معادلة التفاعل النووي:

$$^{238}_{92}U + ^{1}_{0}n \rightarrow ^{239}_{92}X$$

النويدة المتولدة هي نظير الأورانيوم: $^{239}_{92}U$

2.2– معادلتا التفتتين:

التفتت الأول: $^{239}_{92}U \rightarrow ^{239}_{93}X_1 + ^{0}_{-1}e$

حيث: $^{239}_{93}X_1$ تمثل نويدة $^{239}_{93}Np$

التفتت الثاني: $^{239}_{93}Np \rightarrow ^{239}_{94}X_e + ^{0}_{-1}e$

حيث: $^{239}_{94}X_2$ تمثل نويدة $^{239}_{94}Pu$

3.2– الطاقة المحررة ب MeV:

– بالنسبة للتفتت الأول:

$$E_1 = \Delta E_1 = \left[m(^{239}_{92}U) - (m(_{93}Np) + m_e)\right].c^2$$

$$=[239,0038 - (239,0019 + 5,4858.10^{-4})].931,5$$

$E_1=1,26MeV$

– بالنسبة للتفتت الثاني:

$$E_2 = |\Delta E_2| = \left[m(^{239}Np) - (m(^{239}Pu) + m_e)\right].c^2$$

$$=[239,0019 - (239,0006 + 5,485.10^{-4})].931,5$$

$E_2=0,70MeV$

التمرين 13

1– نعتبر نويدة الليثيوم $^{7}_{3}Li$.

– عرف طاقة الربط لنواة، وحدد قيمتها بالنسبة لنواة الليثيوم.

2– يتم قذف نويدات الليثيوم $^{7}_{3}Li$ ببروتونات فنحصل على دقائق α فقط.

1.2– اكتب معادلة التفاعل، ما نوعه؟

2.2– بالإضافة إلى الدقائق α نحصل على إشعاعات γ. ما مصدرها؟

3.2– احسب الطاقة الناتجة عن التفاعل، على أي شكل تظهر؟

3– تستعمل الدقائق α لتحويل نويدة الأزوت $^{14}_{7}N$ الساكنة إلى نويدات الأوكسجين $^{17}_{8}O$:

1.3– اكتب معادلة التفاعل النووي.

2.3– احسب التغير الكتلي خلال هذا التفاعل. ماذا تستنتج؟

نعطي:

$^{17}_{8}O$	$^{14}_{7}N$	$^{4}_{2}He$	$^{1}_{0}n$	$^{1}_{1}H$	$^{7}_{3}Li$	النويدة أو الدقيقة
16,9991	14,0031	4,0015	1,0087	1,0073	7,0144	الكتلة $m(u)$

$m_n=1,00866u$; $m_p=1,00728u$

$c=3.10^8m.s^{-1}$; $1u = 931,5MeV.c^{-2}$

الحل

1- تعريف طاقة الربط:

طاقة الربط هي الطاقة الناتجة عن النقص الكتلي عند تَكَوُّن نويدة انطلاقا من نوياتها المتفرقة.

حساب طاقة الربط لنواة $^{7}_{3}Li$ E_ℓ

$$E_\ell = \left[Zm_p + (A - Z)m_n - m(^{A}_{Z}X)\right].c^2$$

$$E_\ell = \left[3.m_p + 4m_n - m(^{7}_{3}Li)\right].c^2$$

ت ع:

$$E_\ell = (3.1,00728 + 4.1,00866 - 7,0144).931,5$$

$$E_\ell \simeq 39,2MeV$$

1.2- معادلة التفاعل:

$$^{7}_{3}Li + ^{1}_{1}p \rightarrow 2^{4}_{2}He$$

نوع التفاعل: انشطار نووي.

2.2- المصدر:

الدقائق γ ناتجة عن فقدان النويدات المتولدة لإثارتها.

3.2- الطاقة الناتجة عن التفاعل:

$$E = \Delta E = (m_{reactifs} - m_{produits}).c^2$$
$$= (m(Li) + m_p - 2m_\alpha).c^2$$

ت ع:

$$E=(7,0144+1,0073-2.4,0015).931,5$$

$$E=17,42MeV$$

تظهر هذه الطاقة على شكلين: طاقة كهرمغنطيسية محمولة من طرف الإشعاعات γ، وطاقة حركية للدقائق α.

1.3- معادلة التفاعل:

$$^{14}_{7}N + ^{4}_{2}He \rightarrow ^{17}_{8}O + ^{1}_{1}H$$

2.3- تغير الكتلة:

$$\Delta m = m_{(produit)} - m_{(reactifs)}$$
$$\Delta m = (m(O) + m(H)) - (m(N) + m(He))$$
$$= (16,9991 + 1,0073) - (14,0031 + 4,0015)$$
$$\Delta m = 1,8.10^{-3}u > 0$$

يتميز هذا التفاعل بارتفاع الكتلة خلال حدوثه.

كتلة النويدات المتفاعلة أصغر من كتلة النويدات الناتجة، ويعزى هذا إلى تحول الطاقة إلى كتلة، ولا يمثل مصدرا للطاقة.

التمرين 14

يعطي الفيزيائيون في ميدان الطاقة اهتماما كبيرا لتفاعلات الاندماج النووي نظرا للطاقة المهمة التي قد تنتج عن هذه التفاعلات مقارنة مع مصادر الطاقة الأخرى.

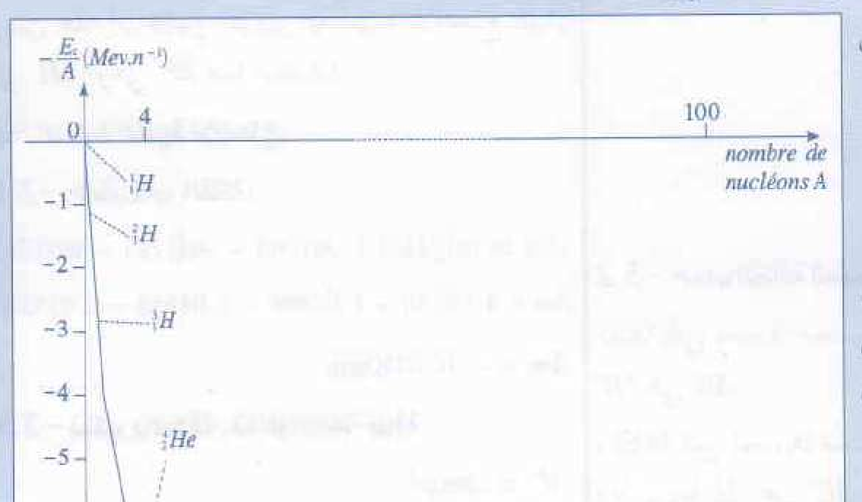
نهتم في هذا التمرين بالتفاعل المتمذج بالمعادلة التالية:

$$^{2}_{1}H + ^{3}_{1}H \rightarrow ^{4}_{2}He + ^{1}_{0}n$$

1- دراسة كيفية للتفاعل:

1.1- عرف النظائر.

2.1- باستعمال منحنى أسطون الممثل في الشكل جانبه، بين أن التفاعل السابق يحرر الطاقة.



النـــوى - الكتلة والطاقة

معطيات:

عدد أفوكادرو: $\mathcal{N}_A = 6,02.10^{23} mol^{-1}$

كتلة نوترون: $m(n)=1,674929.10^{-27}kg=1,00869u$

$m({}_1^2H) = 3,3435.10^{-27}kg = 2,01355u$ ، $m({}_1^3H) = 3,01550u$ ، $m(He)=4,00150u$

$1u=1,66050.10^{-27}kg$ ، $c=2,99792.10^8 m.s^{-1}$

1.2- احسب Δm تغير الكتلة الناتج عن اندماج النواتين ${}_1^2H$ و ${}_1^3H$.

2.2- ذكر بالعلاقة: تكافؤ الكتلة-طاقة.

3.2- احسب بالجول الطاقة ΔE المحررة خلال التفاعل السابق.

4.2- حدد عدد النويدات N الموجود في عينة كتلتها m=100g من نويدات الدوتريوم ${}_1^2H$.

5.2- احسب بالجول الطاقة $\Delta E'$ الناتجة عن اندماج هذه العينة مع عينة مناسبة لها من نويدات التريتيوم ${}_1^3H$.

الحل

1- أهمية تفاعل الاندماج النووي.

1.1- تعريف النظير:

نسمي نظائرا نويدات تنتمي لنفس العنصر الكيميائي وتختلف في عدد النوترونات فقط.

1.2- طاقة الاندماج:

لدينا التفاعل التالي: ${}_1^2H + {}_1^3H \rightarrow {}_2^4He + {}_0^1n$

نلاحظ، انطلاقا من منحنى أسطون، أن النويدة ${}_2^4He$ أكثر استقرارا من النواتين: ${}_1^2H$ و ${}_1^3H$.

ويبين هذا أن هاتين النواتين يمكنهما الاندماج لتؤديا إلى ${}_2^4H$، وهي أكثرهما استقرارا.

2- الدراسة الكمية للاندماج:

2.1- حساب تغير الكتلة:

$$\Delta m = m({}_2^4He) + m({}_0^1n) - m({}_1^2H) - m({}_1^3H)$$

$$\Delta m = 4,00150 + 1,00869 - 2,01355 - 3,01550$$

$$\Delta m = -0,01886u$$

2.2- تذكير بالعلاقة: تكافؤ الكتلة-طاقة

$$\Delta E = \Delta m.c^2$$

Δm تغير كتلة المجموعة و ΔE الطاقة الناتجة عن هذا التغير.

3.2- حساب ΔE:

$$\Delta E = \Delta m.c^2$$

$$\Delta E = -0,01886u.c^2$$

$$\Delta E = -0,01886.1,66050.10^{-27}.(2,99792.10^8)^2$$

$$\Delta E = -2,81.10^{-12}J$$

4.2- حساب عدد نوى ${}_1^2H$:

تحتوي الكتلة m لعينة من نويدات الدوتريوم ${}_1^2H$ على العدد N من النويدات، بحيث:

$$m = N.m({}_1^2H)$$

كتلة نويدة ${}_1^2H$

$$N = \frac{m}{m({}_1^2H)}$$

$$N = \frac{100.10^{-3}}{3,3435.10^{-27}}$$

$$N=2,99.10^{25}$$

5.2- حساب الطاقة المحررة:

الطاقة التي تحررها مجموعة تتكون من نويدة ${}_1^2H$ ونواة ${}_1^3H$ هي ΔE

والطاقة التي تحررها مجموعة تتكون من N نويدة ${}_1^2H$ و N نويدة ${}_1^3H$ هي $\Delta E'$

بحيث:

$$\Delta E' = N.\Delta E$$

$$\Delta E' = 2,99.10^{25}(-2,81.10^{-12})$$

$$\Delta E' = -8,4.10^{13}J$$

تمارين و حلول: النشاط الإشعاعي

التمرين 5

يمثل الجدول جانبه طاقة الربط E_l وطاقة الربط للنوية $\mathscr{E}$ لبعض النويدات:

$\mathscr{E}(Mev)$	$E_l(Mev)$	النواة
?	0	$^{1}_{1}H$
1,1	?	$^{2}_{1}H$
7,0	?	$^{4}_{2}He$
8,8	490	$^{56}_{26}Fe$
7,6	1800	$^{235}_{92}U$

1- أتمم مَلْءَ الجدول السابق.

2- كيف تعلل قيمة E_l بالنسبة للنواة $^{1}_{1}H$.

3- ما الفائدة من استعمال الطاقة $\mathscr{E}$ بدل الطاقة E_l؟

4- من بين النويدات الواردة في الجدول السابق:

1.4- عين النويدة التي نوياتها أكثر تماسكا.

2.4- عين النويدة التي نوياتها أقل تماسكا.

5- نعطي جانبه المنحنى التالي:

1.5- ماذا يسمى هذا المنحنى؟

2.5- حدد النويدة الأكثر استقرارا انطلاقا من هذا المنحنى.

3.5- نعتبر النويدات: $^{8}_{4}Be,\ ^{7}_{3}Li,\ ^{2}_{1}H$

أ- قارن استقرار هذه النويدات.

ب- اكتب معادلة التحول الذي يسمح بالحصول على $^{8}_{4}Be$ انطلاقا من $^{2}_{1}H$ و $^{7}_{3}Li$.

ج- أذكر شروط هذا التفاعل.

د- أحسب الطاقة E_1 التي يحررها.

4.5- نعتبر النويدات التالية:

$^{235}_{92}U$ ؛ $^{140}_{54}Xe$ و $^{94}_{38}Sr$.

أ- قارن استقرار هذه النويدات.

ب- اكتب معادلة التحول الممكن بين هذه النويدات. ما نوع هذا التحول؟

ج- كيف يمكن تحقيقه تجريبيا؟

د- احسب الطاقة E_2 التي يحررها هذا التفاعل.

6- احسب بالنسبة لنوية متدخلة في التفاعلين السابقين:

أ- الطاقة $\mathscr{E}_1$ المحررة خلال الاندماج.

ب- الطاقة $\mathscr{E}_2$ المحررة خلال الانشطار. ماذا تستنتج؟

الحـل

1- إتمام الجدول:

نستعمل العلاقة: $\mathscr{E} = \frac{E_\ell}{A}$

النويدة ^1_1H: الطاقة $\mathscr{E}$ منعدمة لأن: $E_\ell = 0$

النويدة ^2_1H: $\mathscr{E} = \frac{E_\ell}{A}$

$E_\ell = A.\mathscr{E} = 2.1,1 = 2,2Mev$

النويدة ^4_2He: $E_\ell = \mathscr{E}A = 7.4 = 28Mev$

2- تعليل طاقة الربط ل ^1_1H:

النويدة ^1_1H عبارة عن بروتون، وهو غير مرتبط مع أي نوية أخرى.

طاقة ربطه إذن منعدمة.

3- الفائدة من استعمال $\mathscr{E}$:

تسمح طاقة الربط للنوية $\mathscr{E}$ من مقارنة تماسك نويدات مختلفة، بحيث كلما ارتفعت قيمة $\mathscr{E}$ كلما كانت نويات النويدة أكثر تماسكا، وبالتالي كانت النويدة أكثر استقرارا.

1.4- النواة الأكثر استقرارا: $^{56}_{26}Fe$

2.4- النواة الأقل تماسكا: ^2_1H

1.5- اسم المنحنى:

منحنى أسطون: $(Aston)$

2.5- النواة الأكثر استقرارا: $^{56}_{26}Fe$

3.5- أ- مقارنة النوى:

^8_4Be هي النويدة الأكثر استقرارا، ثم ^7_3Li تليها ^2_1H.

ب- معادلـة التحـول: $^2_1H + ^7_3Li \rightarrow ^8_4Be + ^1_0n$ تفاعل اندماج نووي.

ج- شروط الاندماج:

يتطلب الاندماج النووي توفير درجة حرارة عالية $(10^8 °C)$ وضغطاً جدّ مُرْتفِع مع مدة كافية للتقارب بين النويدات المندمجة.

د- حساب E_1:

نستعمل تعبير طاقة التفاعل بدلالة طاقات الربط:

$$\Delta E_1 = E_\ell(^2_1H) + E_\ell(^7_3Li) - E_\ell(^8_4Be) - E_\ell(^1_0n)$$

$$\Delta E_1 = 2,2 + 5,6.7 - 7,7.8 - 0$$

$$\Delta E_1 = -\ 20,2Mev$$

يحرر هذا الاندماج الطاقة $E_1 = 20,2Mev$

4.5- أ- مقارنة استقرار النوى:

انطلاقا من المنحنى: النويدة الأكثر استقرآرا هي ^{94}Sr، ثم ^{140}Xe، ثم ^{235}U.

4.5- ب- اسم التفاعل:

- الانشطار النووي.

- شروط إنجازه:

قذف نويدة شطورة $^{235}_{92}U$ أو $^{239}_{94}Pu$ بواسطة نوترون سرعته مناسبة.

4.5- ج- معادلة الانشطار:

$$^{235}_{92}U + ^1_0n \rightarrow ^{94}_{38}Sr + ^{140}_{54}Xe + 2(^1_0n)$$

4.5- د- الطاقة المحررة:

$$\Delta E_2 = E_\ell(_{235}U) - E_\ell(_{94}Sr) - E_\ell(_{140}Xe)$$

$$\Delta E_2 = 7,5.235 - 8,5.94 - 8,2.140$$

$$= -\ 184,8Mev$$

يحرر انشطار نويدة واحدة من الأورانيوم طاقة قيمتها $E_2 = 184,5Mev$

6- حساب الطاقة المحررة بالنسبة لنوية:

أ- خلال الاندماج:

الطاقة المحررة خلال الاندماج السابق هي ΔE_1 وتتدخل فيها النواتان ^2_1H و^7_3Li، يعني 9 نويات.

$$\mathscr{E}_1 = \frac{E_1}{9} = \frac{20,2}{9} = 2,24Mev$$

ب- خلال الانشطار:

يتدخل في الانشطار السابق ^{235}U و^1_0n يعني 236 نوية.

إذن: $\mathscr{E}_2 = \frac{E_2}{236} = 0,78Mev$

استنتاج: $\frac{\mathscr{E}_2}{\mathscr{E}_1} = \frac{2,24}{0,78} = 2,87$

الاندماج يحرر طاقة أكبر من الطاقة التي يحررها الانشطار النووي بحوالي 3 مرات.

تمارين و حلول: النشاط الإشعاعي

التمرين 16

نتوفر على نويدة $^{235}_{Z}X$ كتلتها $m=234,99332u$، وطاقة ربطها $E_\ell = 1783,6Mev$

1- أعط تعبير طاقة الربط.

2- أوجد تعبير عدد الشحنة Z.

3- تعرف على العنصر X الذي تنتمي إليه هذه النويدة.

معطيات:

$1u=931,5Mev.c^{-2}$ $\quad mn=1,00728u$ $\quad mp=1,008665u$

$_{91}Pd$ ؛ $_{92}U$ ، $_{93}Np$ ، $_{94}Pu$

الحل

1- تعبير طاقة الربط ل $^{235}_{Z}X$:

$$E_\ell = \left[Z.m_p + (235 - Z)m_n - m(^{235}_{Z}X)\right].c^2$$

2- تعبير Z:

نستنتج من العلاقة السابقة:

$$Z.m_p + (235 - Z)m_n = \frac{E_\ell}{c^2} + m(^{235}_{Z}X)$$

$$(m_p - m_n)Z = \frac{E_\ell}{c^2} + m(^{235}_{Z}X) - 235.m_n$$

$$Z = \frac{\frac{E_\ell}{c^2} + m(^{235}_{Z}X) - 235m_n}{m_p - m_n}$$

3- تَعَرُّفُ العُنْصُرِ X:

وحدة الكتل في هذه العلاقة ب u.

وحدة $\frac{E_\ell}{c^2}$ يجب أن تكون أيضا ب u.

$$\frac{E_\ell}{c^2} = \frac{1783,6Mev}{c^2} = \frac{1783,6}{931,5}u = 1,91476u$$

إذن:

$$Z = \frac{1,91476 + 234,99332 - 235.1,00866}{1,00728 - 1,00866}$$

$$Z \simeq 92$$

العنصر هو الأورانيوم $_{92}U$.

التمرين 17

نعتبر التفاعل النووي المنمذج بالمعادلة التالية:

$$^{A_1}_{Z_1}X_1 + ^{A_2}_{Z_2}X_2 \rightarrow ^{A_3}_{Z_3}X_3 + ^{A_4}_{Z_4}X_4$$

1- أعط تعبير طاقة التفاعل ΔE بدلالة طاقات الربط E_{ℓ_1} و E_{ℓ_2} و E_{ℓ_3} و E_{ℓ_4} للنوى X_1، X_2، X_3 و X_4.

2- أعط تعبير $E_{\ell i}$ للنواة $^{A_i}_{Z_i}X_i$ بدلالة Z_i، A_i و $m(X_i)$

3- باستعمال قانوني صودي بين أن: $\Delta E = [m(X_3) + m(X_4) - m(X_1) - m(X_2)].C^2$

الحل

1- تعبير ΔE بدلالة طاقات الربط:

$$(1)\quad \Delta E = (E_{\ell_1} + E_{\ell_2}) - (E_{\ell_3} + E_{\ell_4})$$

2- تعبير $E_{\ell i}$:

$$E_{\ell i} = [Z_i.m_p + (A_i - Z_i)m_n - m(X_i)].C^2$$

3- اثبات العلاقة $\Delta E = \Delta m.C^2$:

$$\begin{cases} E_{\ell_1} = [Z_1m_p + (A_1 - Z_1)m_n - m(X_1)].C^2 \\ E_{\ell_2} = [Z_2m_p + (A_2 - Z_2)m_n - m(X_2)].C^2 \\ E_{\ell_3} = [Z_3m_p + (A_3 - Z_3)m_n - m(X_3)].C^2 \\ E_{\ell_4} = [Z_4m_p + (A_4 - Z_4)m_n - m(X_4)].C^2 \end{cases}$$

نعوض E_{ℓ_1} و E_{ℓ_2} و E_{ℓ_3} و E_{ℓ_4} في العلاقة (1)

$$\Delta E = \Big[\underbrace{(Z_1 + Z_2 - Z_3 - Z_4)}_{=0}.m_p + \Big(\underbrace{(A_1 + A_2 - A_3 - A_4)}_{=0} - \underbrace{(Z_1 + Z_2 - Z_3 - Z_4)}_{=0}\Big)m_n - m(X_1) - m(X_2) + m(X_3) + m(X_4)\Big].C^2$$

يعني:

$$\Delta E = [m(X_3) + m(X_4) - m(X_1) - m(X_2)].C^2$$

النوى - الكتلة والطاقة

التمرين 18

من أين تأتي الطاقة الشمسية؟

لقد كانت عملية إنتاج الشمس للطاقة لغزا محيرا للعلماء، إذ لا يمكن بالطرق العادية إنتاج هذه الكمية الهائلة من الطاقة منذ تكون المجموعة الشمسية، أي منذ حوالي خمسة ملايير سنة ($5.10^9 ans$).

وفي جو الأبحاث العلمية النووية في منتصف الثلاثينيات، توصل عدد من الفيزيائيين، من بينهم هانس بيث (Hans Beth)، إلى أن تفاعل الاندماج النووي لنوى الهيدروجين هو المسؤول عن توليد الطاقة في الشمس، ونعبر عن هذا التفاعل النووي بالمعادلة النووية التالية: $4{}_1^1H + \rightarrow {}_2^4He + 2{}_{+1}^{0}e$

رغم المحاولات والأبحاث الجارية لم يتمكن العلماء من إنجاز مفاعلات نووية تقوم على أساس تفاعل الاندماج النووي، لأن ذلك يصادف عدة عراقيل تكنولوجية، حيث يتطلب تفاعل الاندماج درجات حرارة عالية ($10^8\ ^\circ C$) وضغطاً جدَّ مُرْتَفِع، وهي الظروف المتوفرة في مركز الشمس.

ومن بين المشاريع التي مازالت قيد التجربة، مشروع المفاعل (*International Thermonuclear Expérimental Réactor*) *ITER* بفرنسا، الذي يعقد عليه الفيزيائيون آمالا كبيرة، لأنه في حالة نجاحه سيوفر كميات هائلة من الطاقة.

1- بعض التوضيحات حول التريثيوم

يوجد الدوتوريوم (${}_1^2H$) بوفرة في الطبيعة، أما التريثيوم (${}_1^3H$) فهو نادر، ويمكن الحصول عليه انطلاقا من الليثيوم ${}_3^6Li$ الذي يوجد الاحتياطي منه في الطبيعة بعشرات الملايين من الأطنان.

عند قذف عينة من الليثيوم (${}_3^6Li$) بنوترونات يتكون الهيليوم ${}_2^4He$ والتريثيوم ${}_1^3H$. اكتب معادلة التفاعل النووي التي تنتج عنها نويدة الليثيوم، محدداً النويدة الناتجة التي ترافقها.

2- دراسة تفاعل الاندماج.

يقوم مبدأ المفاعل *ITER* على تفاعل اندماج نويدة الدوتوريوم ${}_1^2H$ ونواة التريثيوم ${}_1^3H$ الذي نعبر عنه بالمعادلة النووية التالية: ${}_1^2H + {}_1^3H \rightarrow {}_2^4He + {}_0^1n$

1.2- احسب تغير الكتلة Δm المصاحب لهذا التفاعل

2.2- احسب بالوحدة *MeV* الطاقة الناتجة عن هذا التفاعل النووي

3.2- احسب عدد النويدات التي تتوفر عليها عينة من نويدات الدوتوريوم، كتلتها $1g$

4.2- احسب عدد النويدات التي تتوفر عليها عينة من نويدات التريثيريوم، كتلتها $1,5g$

5.2- استنتج الطاقة الممكن الحصول عليها في المفاعل *ITER* إذا تم إنجاز اندماج $1g$ من الدوتوريوم (${}_1^2H$) و$1,5g$ من التريتيوم (${}_1^3H$).

6.2- نستعمل في ميدان الصناعة والاقتصاد كوحدة للطاقة (طن معادل البترول *La tonne d'équivalent pétrole*) التي يُرمز لها بالرمز (*tep*)، وتوظف لمقارنة الطاقات المحصل عليها من مصادر مختلفة للطاقة.

يمثل $1tep$ الطاقة المحررة خلال احتراق طن واحد من البترول. ($1tep=4,2.10^{10}J$)

1.6.2- احسب بالوحدة *tep* الطاقة الناتجة عن اندماج $1g$ من الدوتوريوم و$1,5g$ من التريتيوم.

2.6.2- علما أن الطاقة الناتجة عن انشطار $1g$ من الأورانيوم، في مفاعل نووي عادي، تساوي $1,8tep$. فسر لماذا سيوفر المفاعل *ITER*، عندما يكتمل، كميات هائلة من الطاقة.

الحـل

1- معادلة إنتاج ^3_1H:

$$^1_0n + ^6_3Li \rightarrow ^3_1H + ^4_2He$$

1.2- حساب Δm:

لدينا المعادلة: $^2_1H + ^3_1H \rightarrow ^4_2He + ^1_0n$

تغير الكتلة المصاحب لهذا التحول هو:

$$\Delta m = m(^4_2He) + m(^1_0n) - m(^2_1H) - m(^3_1H)$$

نجد: $\Delta m = -0,01889\mu$

2.2- الطاقة الناتجة عن هذا الاندماج:

باستعمال العلاقة تكافؤ كتلة - طاقة نكتب:

$$\Delta E = \Delta m.C^2$$

$$\Delta E = -0,01889\mu.C^2$$

$$= -0,01889.931,5MeV.C^{-2}.C^2$$

$$\Delta E = -17,596MeV$$

3.2- عدد نوى الدوتريوم:

نستعمل العلاقة بين الكتلة m_1 من الدوتريوم وعدد نويدات هذه العينة فنكتب:

$$m_1 = N_1 m(^2_1H)$$

كتلة العينة — عدد النويدات — كتلة نويدة

$$N_1 = \frac{m_1}{m(^2_1H)}$$

$$= \frac{1g}{2,001355\mu} = \frac{10^{-3}kg}{2,001355.1,66.10^{-27}kg}$$

$$N_1 \simeq 3.10^{23}noyaux$$

4.2- عدد نوى التريتيوم ^3_1H:

بنفس الطريقة السابقة نجد:

$$N_2 \frac{m_2}{m(^3_1H)} = \frac{1,5.10^{-3}}{3,0155.1,66.10^{-27}}$$

$$= 0,2999.10^{24}$$

نأخذ: $N_1 \simeq 3.10^{23}noyaux\,^3_1H$

5.2- استنتاج الطاقة المحررة.

- يحرر اندماج المجموعة $(^2_1H + ^3_1H)$ الطاقة:

$$\Delta E = -17,596MeV$$

- يحرر اندماج المجموعة $\{N(^2_1H + ^3_1H)\}$ الطاقة: $\Delta E'$ بحيث:

$$\Delta E' = N.\Delta E$$

$$N = N_1 = N_2 = 3.10^{23}$$

$$\Delta E' = 3.10^{23}(-17,596MeV)$$

$$\Delta E' \simeq -5,2788.10^{24}MeV$$

1.6.2- حساب $\Delta E'$ ب tep:

لدينا: $\Delta E' = -5,2788.10^{24}MeV$

ولدينا: $1MeV = 1,6.10^{-13}J$

و $1tep = 4,2.10^{10}J$

إذن: $1J = \frac{1}{4,2.10^{10}}.tep$

ومنه: $1MeV = 1,6.10^{-13}.\frac{1}{4,2.10^{10}} = 3,809.10^{-24}tep$

وبالتالي:

$$\Delta E' = -5,2788.10^{24}.3,809.10^{-24}tep$$

$$\Delta E' \simeq 20tep$$

2.6.2- تفسير:

- ينتج عن انشطار 1g من الأورانيوم طاقة تساوي $E_1 = 1,8tep$

- وينتج عن اندماج 1g من ^2_1H و1,5g من ^3_1H طاقة تناهز 20tep

- لنقارن الطاقة الناتجة عن 1g من هذين التحولين.

بالنسبة للاندماج، ينتج عن اندماج مجموعة كتلتها 1g من (^2_1H و ^3_1H) الطاقة: $E_2 = \frac{20}{2,5} = 8tep$

إذن نلاحظ أن: $\frac{E_2}{E_1} = \frac{8}{1,8} = 4,4$

- يحرر الاندماج طاقة تقارب 4,4 مرة الطاقة التي تنتج عن انشطار مجموعة لها نفس الكتلة.

التمرين 19

يؤدي انشطار نويدة الأورانيوم $^{235}_{92}U$ إثر إصطدامها مع نوترون ^1_0n إلى عدة نواتج.

نمثل إحدى هذه التفاعلات بالمعادلة التالية: $^{235}_{92}U + ^1_0n \rightarrow ^{94}_{38}Sr + ^{140}_{54}Xe + a(^A_ZX)$

حيث a عدد صحيح أكبر من 1.

نعطي طاقات الربط للنوية للنوى التالية: $\mathscr{E}(^{235}_{92}U) = 7,5MeV/nucleon$

$\mathscr{E}(^{140}_{54}Xe) = 8,2MeV/nucleon$

$\mathscr{E}(^{94}_{38}Sr) = 8,5MeV/nucleon$

1- حدد الأعداد Z و A و a واستنتج طبيعة الدقيقة $^{A}_{Z}X$.

2- احسب الطاقة E التي يحررها انشطار نويدة الأورانيوم $^{235}_{92}U$.

3- يحدث التفاعل السابق في قلب مفاعل نووي قدرته الكهربائية P_e=1,35GW علماً أن الطاقة النووية تتحول إلى طاقة كهربائية بنسبة $\rho = 30\%$، احسب ب (kg) الكتلة m التي يستهلكها المفاعل النووي كل يوم.

نعطي: $m(_{235}U)=390,219.10^{-27}kg$

الحل

1- تحديد Z و A و a:

بتطبيق قانوني صودي نكتب:

$$\begin{cases}235 + 1 = 94 + 140 + a.A\\ 92 + 0 = 38 + 54 + a.Z\end{cases}$$

نستنتج أن: aZ=0 و aA=2

وبما أن a>1 فإن aZ=0 يعني أن Z=0

وبما أن العدد A عدد صحيح (عدد نويات) فإن $A \geq 1$

aA=2 حيث $A \geq 1$ و a>1 يعني $a \geq 2$

إذن a=2 و A=1

وبالتالي: الدقيقة $^{1}_{0}X$ هي النوترون: $^{1}_{0}n$

2- طاقة التفاعل:

نعلم أن الطاقة ΔE المصاحبة للتفاعل ترتبط بطاقات الربط حسب العلاقة التالية:

$$\Delta E = \sum E_l\,(\text{المتفاعلات}) - \sum E_l\,(\text{النواتج})$$

$$\Delta E = E_l(_{235}U) - E_l(_{94}Sr) - E_l(_{140}Xe) - E_l(^{1}_{0}n)$$

لدينا: $E_l(^{1}_{0}n) = 0$

وباستعمال العلاقة: $E_l = A.\mathscr{E}$

نكتب:

$$\Delta E = 235.\mathscr{E}(_{235}U) - 94.\mathscr{E}(_{94}Sr) - 140\mathscr{E}(_{140}Xe)$$

$$\Delta E = 234(7,5) - 94(8,5) - 140(8,2)$$

$$\Delta E = - 184,5MeV \Rightarrow E = |\Delta E| = 184,5Mev$$

3- كتلة الأورانيوم المستهلكة:

تعبير القدرة الكهربائية المتوسطة: $P_e = \dfrac{E_e}{\Delta t}$.

E_e: الطاقة الكهربائية التي أنتجتها المحطة النووية خلال المدة Δt.

باستعمال المردود الطاقي ρ لهذه المحطة نكتب:

$E_e = \rho.E_n$

E_n: الطاقة النووية المحررة خلال نفس المدة Δt.

نعبر عن هذه الطاقة بدلالة الطاقة E المحررة من طرف نويدة ل $_{235}U$:

$$E_n = N.E = \frac{m}{m(_{235}U)}.E$$

m: كتلة الأورانيوم المستهلكة في اليوم.

إذن يمكن التعبير عن m كالتالي:

$$\frac{m}{m(_{235}U)}.E = E_n = \frac{E_e}{\rho} = \frac{P_e.\Delta t}{\rho}$$

ومنه:

$$m = \frac{m(_{235}U).P_e.\Delta t}{\rho.E}$$

ت ع:

$$m = \frac{390,219.10^{-27}.1,35.10^{9}.24.3600}{0,3.184,5.1,6.10^{-13}}$$

نجد: $m \simeq 5,139kg$

التمرين 20

التفاعلات النووية وتأثيرها على البيئة:

يرتكز إنتاج الطاقة في المفاعلات النووية على الانشطار النووي للأورانيوم -235، إلا أنه خلال تفاعلات الانشطار تتولد بعض النويدات الإشعاعية النشاط التي قد تضر بالبيئة.

تجرى حاليا أبحاث حول كيفية تطوير إنتاج الطاقة النووية باعتماد الاندماج النووي لنظائر عنصر الهيدروجين.

تمارين و حلول: النشاط الإشعاعي

المعطيات:

النويدة	^{235}U	^{238}U	^{146}Ce	^{85}Se
كتلتها بالوحدة u	234,9934	238,0003	145,8782	84,9033

الدقيقة	بروتون	نوترون
كتلتها بالوحدة u	1,00728	1,00866

ثابتة أفوكادرو: $N_A=6,02.10^{23}mol^{-1}$

الكتلة المولية للأورانيوم 235: $M(^{235}U)=235g.mol^{-1}$

$1u=931,5MeV.c^{-2}$

1- الانشطار النووي:

يؤدي تفاعل الانشطار النووي الذي يحدث في قلب مفاعل نووي، إثر تصادم نويدة الأورانيوم ^{235}U بنوترون إلى تكون نويدة السيريوم ^{146}Ce ونواة السيلينيوم ^{85}Se وعدد من النوترونات، وذلك وفق المعادلة التالية:

$$^{235}_{92}U + ^{1}_{0}n \rightarrow ^{146}_{58}Ce + ^{85}_{Z}Se + x^{1}_{0}n$$

1.1- حدد العددين Z و x.

1.2- احسب بال MeV الطاقة E الناتجة عن الانشطار النووي لنواة واحدة من الأورانيوم ^{235}U.

استنتج الطاقة E_1 الناتجة عن انشطار $1g$ من $^{235}_{92}U$.

1.3- تتحول تلقائيا نويدة السيريوم ^{146}Ce إلى نويدة برازيوديم $^{146}_{59}Pr$ مع انبعاث دقيقة β^-.

احسب المدة الزمنية اللازمة لتحول 99% من عينة نويدات السيريوم ^{146}Ce، علما أن ثابتة النشاط الإشعاعي لنويدة السيريوم هي: $\lambda = 5,13.10^{-2}min^{-1}$.

2- الاندماج النووي:

ينتج عن اندماج نويدة الدوتريوم $^{2}_{1}H$ ونواة الترتيوم $^{3}_{1}H$ تكون نويدة الهيليوم $^{4}_{2}He$ ونوترون واحد حسب المعادلة: $^{2}_{1}H + ^{3}_{1}H \rightarrow ^{4}_{2}He + ^{1}_{0}n$

الطاقة المحررة خلال اندماج $1g$ من $^{2}_{1}H$ هي: $E_2=-5,13.10^{24}MeV$.

أعط مبررين لاعتماد الاندماج النووي عوض الانشطار النووي في إنتاج الطاقة.

عن الامتحان الوطني: الدورة الاستدراكية 2009
شعبة العلوم الرياضية

الحل

1- الانشطار النووي

1.1- تحديد Z و x:

لدينا المعادلة:

$$^{235}_{92}U + ^{1}_{0}n \rightarrow ^{146}_{58}Ce + ^{85}_{Z}Se + x^{1}_{0}n$$

باستعمال قانوني صودي لانحفاظ الشحنة وانحفاظ عدد النويات نكتب:

$$\begin{cases} 92 = 58 + Z \\ 235 + 1 = 146 + 85 + x \end{cases}$$

ومنه: $Z=34$ و $x=5$

1.2- حساب الطاقة:

* الطاقة المحررة خلال انشطار نويدة واحدة ل $^{235}_{92}U$

الطاقة ΔE الناتجة عن تغير كتلة المجموعة:

$\Delta E = \Delta m.C^2$

$=[m_{النواتج} - m_{المتفاعلات}].C^2$

$=[m(^{146}Ce) + m(^{85}Se) + 5m_n - m(^{235}U) - m_n].C^2$

$=[m(^{146}Ce) + m(^{85}Se) + 4m_n - m(^{235}U)].C^2$

$=[145,8782 + 84,9033 + 4.1,00866 - 234,9934].C^2$

$=-0,17726u.C^2$

تمارين و حلول: النشاط الإشعاعي

$$= -0,17726.931,5MeV.C^{-2}.C^2$$

$$= -165,11769MeV$$

إذن:

$$= -165,1177MeV$$

إذن: نويدة واحدة من الأورانيوم تحرر إثر انشطارها الطاقة $E=165,1177MeV$

استنتاج E_1

ليكن N عدد النويدات ^{235}U الموجودة في عينة كتلتها $m=1g$ من الأورانيوم ^{235}U.

$$E_1=N.E$$

باستعمال الكتلة المولية وثابتة أفوكادرو:

$$N = n.\mathcal{N}_A = \frac{m}{M}.\mathcal{N}_A$$

إذن:

$$E_1 = \frac{m}{M}\mathcal{N}_A.E$$

ت.ع:

$$E_1 = \frac{1}{235}.6,02.10^{23}.165,1177$$

$$= 4,23.10^{23}Mev$$

1.3- حساب المدة الزمنية:

يعبر عن عدد النويدات المتبقية في العينة عند اللحظة t، حسب قانون التناقص الإشعاعي بالعلاقة:

$$N = N_0e^{-\lambda t}$$

عندما يتحول 99% من العدد الأصلي N_0 فإن العدد N يمثل 1%، يعني أن:

$$\frac{N}{N_0} = \frac{1}{100} = 10^{-2}$$

ومنه:

$$10^{-2} = e^{-\lambda t}$$

إذن:

$$\ln 10^{-2} = -\lambda t$$

$$-2\ln 10 = -\lambda .t$$

$$t = \frac{2\ln 10}{\lambda}$$

ت.ع:

$$t = \frac{2.\ln 10}{5,13.10^{-2}}$$

$t=89,77mn$

$$t \simeq 89,77mn$$

2- الاندماج النووي:

مقارنة الاندماج النووي مع الانشطار النووي.

- المبرر الأول:

يحرر انشطار كتلة 1g الطاقة $|E_1| = 4,23MeV$ في حين يحرر اندماج كتلة مماثلة (1g من ^2_1H) طاقة $|E_2| = 51,3.10^{23}MeV$ وهي أكبر بحوالي عشر مرات من طاقة الانشطار.

- المبرر الثاني:

يؤدي الانشطار النووي إلى نواتج قد تكون مشعة، مثل ^{146}Ce، مما قد يؤدي إلى بعض المخاطر البيئية نظرا للأشعة γ والدقائق التي تصاحب هذا الإشعاع.

التمرين21

انشطار الأورانيوم في مفاعل نووي

معطيات: - كتلة البروتون: $m_p=1,6726.10^{-27}kg$

- كتلة النوترون: $m_n=1,6749.10^{-27}kg$

طاقة الربط E للنوية ب MeV:

- للأورانيوم $^{235}_{92}U$: $7,59MeV$
- للسترونسيوم $^{94}_{38}Sr$: $8,59MeV$
- للكسينون $^{140}_{54}Xe$: $8,29MeV$

$1MeV=1,6.10^{-13}J$

سرعة انتشار الضوء: $C=3.10^8m.s^{-1}$

يستعمل الأورانيوم 235 "باعتباره محروقا" في المفاعلات النووية.

يؤدي تصادم نوترون مع نويدة الأورانيوم 235 إلى انشطار تنتج عنه نويدة السترونسيوم 94 ونواة الكسينون 140 ونوترونات.

يحتوي مفاعل نووي يعتمد على الانشطار النووي على 50Kg من الأورانيوم المخصب الذي يتحوي على النسبة $p=4\%$ من الأورانيوم 235، وينتج هذا المفاعل قدرة تساوي 1MW

لا نهتم في هذا التمرين بالمردود الطاقي المرتبط بتحويل طاقة التفاعل إلى طاقة كهربائية.

تمارين و حلول: النشاط الإشعاعي

1- اكتب معادلة التفاعل

2- نقول إن تفاعلات الانشطار النووي تبقى مستمرة نتيجة صيانة ذاتية (auto−entretein). فسر معنى ذلك.

3- أعط تعبير m كتلة النويدة $^{A}_{Z}X$ بدلالة A،Z،m_p وm_n وC وE طاقة الربط لنوية من هذه النويدة.

احسب كتلة نويدة الأورانيوم 235

4- احسب الطاقة المحررة خلال انشطار نويدة الأورانيوم 235

5- ما المدة اللازمة لاستهلاك الأورانيوم في المفاعل النووي.

6- ما المدة $\Delta t'$ اللازمة لتشغيل محطة حرارية بنفس القدرة باحتراق نفس الكتلة $50Kg$ من البترول؟ ماذا تستنتج؟

نعطي: الطاقة التي يحررها احتراق $1Kg$ من البترول $4,2.10^7 J$

الحل

1- معادلة التفاعل:

$$^{235}_{92}U + ^{1}_{0}n \rightarrow ^{140}_{54}Xe + ^{94}_{38}Sr + 2(^{1}_{0}n)$$

2- الصيانة الذاتية للانشطار:

يؤدي أول انشطار إلى انبعاث نوترونين يساهمان في حدوث انشطارين جديدين، يؤديان بدورهما إلى انبعاث أربعة نوترونات وهكذا... مما يجعل التفاعل يصون نفسه بنفسه.

علمياً، يتم التحكم في عدد النوترونات المتدخلة في الانشطار لكي يؤدي ذلك إلى الانفجار نتيجة ارتفاع كبير جداً لدرجة الحرارة.

3- تعبير m:

نكتب حسب تعبير طاقة الربط للنواة $^{A}_{Z}X$

$$E_\ell = [Zm_p + (A-Z).m_n - m]C^2$$

$$\frac{E_\ell}{C^2} = [Zm_p + (A-Z).m_n] - m$$

$$m = Zm_p + (A-Z).m_n - \frac{E_\ell}{C^2}$$

$$m = Zm_p + (A-Z)m_n - \frac{A}{C^2}.\mathscr{E}$$

حساب $m(^{235}_{92}U)$

$$m = 92.1,6726.10^{-27} + (235-92).1,6749.10^{-27} - \frac{235}{9.10^{16}}7,59.1,6.10^{-13}$$

$$m=390,2189.10^{-27}kg$$

4- الطاقة المحررة من طرف نواة الأورانيوم:

يعبر عن الطاقة المحررة المصاحبة للتفاعل بدلالة طاقات الربط كالتالي:

$$\Delta E = E_\ell(^{235}U) - [E_\ell(^{140}Xe) + E_\ell(^{94}Sr)]$$

$$\Delta E = 235.\mathscr{E}(^{235}U) - [140\mathscr{E}(^{140}Xe) + 94\mathscr{E}(^{94}Sr)]$$

$$= 235.7,59 - [140.8,28 + 94.8,59]$$

$$= -184,41MeV$$

يحرر هذا الانشطار طاقة تساوي $184,41MeV$

5- مدة استهلاك الأورانيوم:

الطاقة النووية التي تنتجها المحطة: $(1)\ E = P.\Delta t$

P قدرة المفاعل النووي.

Δt المدة الزمنية لاستهلاك الكتلة m=5tonnes

عدد النويدات ^{235}U الموجودة في هذه الكتلة:

$$N = \frac{m(^{235}U)}{m_1(^{235}U)} = \frac{p.m}{m_1(^{235}U)} = \frac{p.m}{m_1(^{235}U)}$$

نعبر عن الطاقة E بدلالة N وE_1 الطاقة الناتجة عن انشطار نويدة واحدة من الأورانيوم.

$$(2)\ E = N.E_1 = \frac{p.m}{m(^{235}U)}.E_1$$

بمماثلة العلاقتين (1) و(2) نكتب:

$$P.\Delta t = \frac{p.m}{m(^{235}U)}.E_1$$

ومنه:

$$\Delta t = \frac{p.m}{m(^{235}U)}.\frac{E_1}{P}$$

$$\Delta t = \frac{0,04.50}{390,2189.10^{-27}}.\frac{184.41.1,6.10^{-13}}{10^6}$$

$$\Delta t = 1,5122589.10^8 s$$

$$\simeq 58,3mois$$

6- حساب المدة $\Delta t'$:

$$E = P.\Delta t' = m.E'_1$$

E'_1: الطاقة الناتجة عن احتراق $1Kg$ من البترول

$$\Delta t' = \frac{m.E'_1}{P}$$